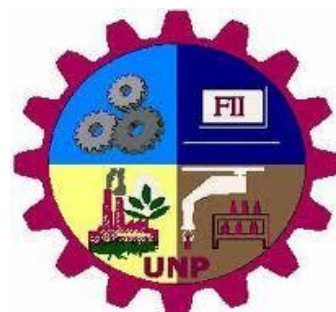


UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS

**“PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE LA EMPRESA-
JOSCANA SAC, PARA SU REUSO EN AREAS VERDES”**

PRESENTADA POR:

Br. IVAN VLADIMIR RAMOS ANCAJIMA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

Línea de Investigación:

**Aprovechamiento y gestión sostenible del ambiente y los recursos
naturales**

Sub línea de Investigación:

Tratamiento de aguas

PIURA, PERÚ

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



TESIS

**“PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE LA
EMPRESA-JOSCANA SAC, PARA SU REUSO EN AREAS VERDES”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: APROVECHAMIENTO Y GESTIÓN SOSTENIBLE
DEL AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES**

TESIS PRESENTADA A LA FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

Br. Iván Vladimir Ramos Ancajima
Tesisista

Dr. Néstor Zapata Palacios
Asesor

PIURA, PERÚ

2019

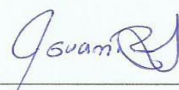
DECLARACION JURADA DE LA ORIGINALIDAD DE LA TESIS

YO, RAMOS ANCAJIMA IVÁN VLADIMIR, identificado con DNI N° 70132894, Bachiller de la Escuela profesional de Ingeniería Industrial, de la facultad de Ingeniería Industrial y domiciliado en manzana H lote 26 II Etapa del AA. HH. El Indio del distrito de castilla, provincia de Piura, departamento de Piura, con celular 944240625 y email: ivanramos.an@gmail.com.

DECLARO BAJO JURAMENTO: que la tesis que presento titulada “PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE LA EMPRESA JOSCAN SAC, PARA SU REUSO EN AREAS VERDES” es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura, Junio del 2019


DNI N° 70132894

Artículo 411.- El que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación con hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.

Art. 4. Inciso 4.12 del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales –RENATI Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**




TESIS

**“PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE LA
EMPRESA-JOSCANA SAC, PARA SU REUSO EN AREAS VERDES”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: APROVECHAMIENTO Y GESTIÓN SOSTENIBLE
DEL AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES**

TESIS PRESENTADA A LA FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:




Dr. Julio C. Jiménez Chavesta

Presidente



Dr. Daniel E. Cruz Granda

Secretario



Dr. Luciano Castillo Torres
Vocal

PIURA, PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DECANATO



ACTA DE EVALUACIÓN Y SUSTENTACIÓN DE TESIS

Expediente N° 958 / 2017

Los miembros del Jurado Calificador Ad-Hoc de la Sustentación de Tesis nombrado con Resolución N° 251-CF-FII-UNP-15 de fecha 28/04/2015 que suscriben, se reunieron en acto público en la sala de exposiciones de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Piura, el día 04 de Junio del 2019 a las 10:00 am, para evaluar la defensa de la Tesis titulada "PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA EMPRESA-JOSCANA SAC, PARA SU REUSO EN ÁREAS VERDES", presentada por el Bachiller IVAN VLADIMIR RAMOS ANCAJIMA y asesorado por el Dr. NÉSTOR JAVIER ZAPATA PALACIOS.

Después de haber calificado el Informe Final de la Tesis, escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas por el Jurado, se le declara APROBADA, para optar el Título de INGENIERO INDUSTRIAL con el puntaje de 78 que corresponde al calificativo de MUY BUENO

Jurado	Presidente	Secretario	Vocal	Puntaje Promedio
Calificación				
Documento (Max 60 puntos)	48	48	48	48
Sustentación (Max 40 puntos)	30	30	30	30
PUNTAJE TOTAL				78

En consecuencia, el sustentante queda en condición de recibir el Título Profesional que se indica, conferido por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura de conformidad con las Normas Estatutarias y la Ley Universitaria en vigencia.

Ciudad Universitaria, 04 de Junio del 2019



Dr. JULIO CESAR JIMÉNEZ CHAVESTA	Dr. DANIEL ENRIQUE CRUZ GRANDA	Dr. LUCIANO CASTILLO TORRES
PRESIDENTE	SECRETARIO	VOCAL

DEDICATORIA

A Dios por la oportunidad brindada cada día
para seguir esforzándome y cumplir con este
objetivo trazado.

A mi madre Esperanza Ancajima García por su
gran entrega y sacrificio por salir adelante, en
quien estaré eternamente agradecido por su gran
amor y ternura, y por lo mejor que me ha
podido brindar “una profesión”.

A mi hermana Miriam por su gran apoyo y
preocupación y por ser un gran ejemplo en
nuestra familia.

A mis familiares y amigos por tantos momentos
gratos compartidos y en quienes puedo confiar y
seguir disfrutando de su compañía en los
momentos más importantes de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor el Dr. Néstor Zapata Palacios que desde el principio mostró gran interés y aportó su conocimiento y su tiempo en el desarrollo de esta investigación.

Al subgerente José Arévalo Quispe de la empresa Joscana, quien autorizó y brindó el apoyo necesario para que esta investigación se lleve a cabo en las instalaciones de la PTAR.

Al personal de la empresa Joscana por su colaboración, aportando información sobre el proceso de la planta, en especial al ingeniero David Cedano jefe de seguridad y salud ocupacional que compartió sus conocimientos y experiencias sobre el tema.

A todos ellos estaré inmensamente agradecido por todo el apoyo contribuido para la culminación de este proyecto.

.

INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS	iv
INDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCCIÓN	1
1. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA	3
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	5
1.4. OBJETIVOS	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5. HIPÓTESIS.....	6
1.5.1 Hipótesis general.....	6
1.5.2 Hipótesis específicas.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
2.2. BASES TEÓRICAS.....	9
2.2.1 Agua residual.....	9
2.2.1.1 Definición	9
2.2.1.2 Tipos de aguas residuales.....	9
2.2.1.3 Inconvenientes con el agua residual.....	10
2.2.1.4 Aguas residuales municipales	12
2.2.1.4.1 Características de las aguas residuales municipales.....	12
2.2.1.4.2 Parámetros empleados para caracterizar las aguas residuales municipales	13
2.2.1.5 Aguas residuales industriales	15
2.2.2 Tratamiento de aguas residuales.....	15
2.2.2.1 Necesidad del tratamiento de las aguas residuales.....	16
2.2.2.2 Pretratamiento	18
2.2.2.2.1 Desbaste o cribado	18
2.2.2.2.2 Tamizado	20
2.2.2.2.3 Desarenador	21

2.2.2.2.4	Desaceitado y desengrasador	21
2.2.2.3	Tratamiento primario	23
2.2.2.3.1	Sedimentación.....	23
2.2.2.3.2	Coagulación y floculación	24
2.2.2.3.3	Tanques imhoff	25
2.2.2.3.4	Digestión primaria de lodos	27
2.2.2.4	Tratamiento secundario.....	27
2.2.2.4.1	Lagunas de estabilización	27
2.2.2.4.2	Lodos activados	31
2.2.2.4.3	Procesos anaerobios	32
2.2.2.5	Tratamiento terciario.....	32
2.2.3	Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR	33
2.2.4	Reúso de aguas tratadas.	33
2.2.4.1	Beneficios ambientales y sociales del reúso de agua	35
2.2.5	Viabilidad económica del reúso de agua.....	36
2.2.6	Calidad del agua reusada.....	36
2.2.7	Marco legal de aguas residuales.....	37
3.	METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN.....	41
3.1	METODOLOGIA	41
3.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
3.3	EL MODELO TEÓRICO	42
3.4	EL DISEÑO DE LA INVESTIGACION	42
3.5	MÉTODOS E INSTRUMENTO DE LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	43
3.6	POBLACIÓN Y MUESTREO	43
3.7	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	44
4.	DIAGNOSTICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	45
4.1.	DESCRIPCIÓN DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DEL AGUA AFLUENTE DEL SISTEMA	45
4.2.	DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO SEGÚN DISEÑO 48	
4.2.1	Información general de la planta de tratamiento.....	48
4.2.2	Descripción del sistema de tratamiento según diseño.....	49
4.2.3	Características técnicas de la planta según diseño	52
4.3.	DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y CONDICIONES ACTUALES.....	53
4.3.1.	Descripción del sistema de tratamiento que se realiza actualmente.....	53
4.3.2.	Revisión del Diseño	54

4.3.2.1	Cribado.....	55
4.3.2.2	Sedimentador	56
4.3.2.3	Estabilización.....	57
4.3.2.4	Tanque mezclador	58
4.3.2.5	Filtro coalescente	59
4.3.2.6	Filtro grava.....	60
4.3.3.	Revisión de la especialidad civil	60
4.3.3.1	Pretratamiento de cribado	60
4.3.3.2	Estanques	61
4.3.4.	Revisión de la especialidad mecánica	63
4.3.4.1	Bombas	63
4.3.4.2	Pailería	64
4.3.4.2.1	Tuberías	64
4.3.4.2.2	Tanque mezclador.....	64
4.3.4.2.3	Filtro coalescente	65
4.3.4.2.4	Filtro Grava.....	66
5.	REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	67
5.1	PRETRATAMIENTO	67
5.2	SEDIMENTADOR.....	68
5.3	ESTABILIZACIÓN.....	68
5.4	TANQUE DE MEZCLADO.....	70
5.4.1	Tipo de agitador elegido	71
5.4.2	Impulsador de palas	73
5.4.3	Diseño y cálculo del agitador.....	73
5.4.3.1	Datos de entrada.....	73
5.4.3.2	Dimensiones generales del agitador.....	74
5.4.3.3	Numero de Reynolds (Re).....	75
5.4.3.4	Numero de Potencia (Np)	77
5.4.3.5	Selección del motor.....	79
5.5	FILTRO COALESCENTE	82
5.6	FILTRO GRAVA	82
5.7	REMOCIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS DEL AGUA RESIDUAL.	83
	CONCLUSIONES	85
	RECOMENDACIONES.....	86
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	87
	ANEXOS	92

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Aportes per cápita para aguas residuales de comunidades sin sistema de alcantarillado.....	14
Tabla 2.2. Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR.....	33
Tabla 2.3. Marco Legal y Normativo	39
Tabla 3.1. Identificación y operacionalización de las variables	41
Tabla 3.2. Distribución de la población.....	43
Tabla 4.1. Parámetros del agua residual afluente.....	45
Tabla 4.2. Agua residual generada por la empresa.....	46
Tabla 4.3. Agua residual proveniente de servicio.....	47
Tabla 4.4. Total de agua residual ingresante a la planta.....	48
Tabla 4.5. Parámetros Estándar con las que debe cumplir el Efluente	52
Tabla 5.1. Características Técnicas del agitador - Propela Bipala según fabricante.....	72
Tabla 5.2. Datos de entrada para el diseño de un agitador.....	73
Tabla 5.3. Datos técnicos del motorreductor serie R.	79
Tabla 5.4. Versiones del reductor de engranajes.	80
Tabla 5.5. Remoción de los parámetros del agua residual en las etapas de tratamiento.	83
Tabla 5.6. Calidad esperada del efluente en relación con los ECA,	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Etapas secuenciales del tratamiento de aguas residuales (ordenado de izquierda a derecha).....	16
Figura 2.2. Reja de desbaste manual.....	19
Figura 2.3. Reja de desbaste automático.....	19
Figura 2.4. Esquema de funcionamiento para los tamices de arco.....	20
Figura 2.5. Desarenador de doble canal.....	21
Figura 2.6. Desengrasador con rasqueta.....	22
Figura 2.7. Desengrasador estático.....	22
Figura 2.8. Proceso de sedimentación en un Sedimentador convencional.....	24
Figura 2.9. Proceso de Coagulación – Flocculación.....	25
Figura 2.10. Esquema de un Tanque Imhoff.	26
Figura 2.11. Esquema básico de operación de una laguna anaerobia.....	29
Figura 2.12. Laguna aireada.	30
Figura 2.13. Interacción de bacterias y algas en una laguna facultativa	31
Figura 2.14. Comparación de los caudales tratados y los efluentes utilizados para el riego en las regiones del Perú (sin lima y Callao).....	34
Figura 3.1. Enfoque del proceso para la elaboración del rediseño de la planta.	42
Figura 4.1. Fotografía geográfica de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – Joscana.....	48
Figura 4.2. Diagrama de bloques del tratamiento de agua residual según diseño	49
Figura 4.3. Diagrama de bloques del tratamiento actual del agua residual.	54
Figura 4.4. Vistas de planta, sección A-A' y sección B-B' del Cribado.....	55
Figura 4.5. Vistas de planta y sección A-A' del estanque de sedimentación.....	56
Figura 4.6. Vista de planta y sección A-A' del estanque de estabilización.....	57
Figura 4.7. Vista frontal del tanque de mezclado.....	58
Figura 4.8. Filtro coalescente.	59
Figura 4.9. Dimensión del filtro grava	60
Figura 4.10. Estado de la estructura del cribado.	61
Figura 4.11. Estado del estanque de sedimentación.....	62
Figura 4.12. Estado del estanque de estabilización.	62
Figura 4.13. Bomba para el traslado del agua al filtro grava	64
Figura 4.14. Estado del tanque mezclador.....	65
Figura 4.15. Estado de la Célula coalescente.	66

Figura 4.16. Estado del filtro grava.....	66
Figura 5.1. Diseño típico de un tanque agitador	71
Figura 5.2. Agitador Floculador – Propela bipala	72
Figura 5.3. Dimensiones generales del agitador diseñado	74
Figura 5.4. Gráfico: Numero de potencia N_p frente a N_{re}, para varios tipos de impulsores.	78
Figura 5.5. Distribución espacial del motorreductor serie R para las posiciones de montaje: M1...M6.....	80
Figura 5.6. Motorreductor modelo RF.....	81
Figura 5.7. Dimensiones de la brida del motorreductor RF.	81

RESUMEN

En la presente investigación se rediseñó la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la empresa JOSCANSA SAC con el objetivo de mejorar la calidad del agua residual tratada, que cumpla con los estándares de calidad ambiental (ECA) de la norma y pueda ser reutilizada para el riego de cultivos de tallo alto.

Los tratamientos mal implementados y la falta de equipos fueron identificados utilizando como técnicas de recolección de datos: la observación y el análisis de material documentario como planos en AutoCAD de la PTAR, siendo información valiosa para la identificación de deficiencias en cierto tratamiento. El rediseño de la PTAR incluye mejoras en el tanque mezclador para el proceso de la floculación.

El rediseño del tanque mezclador consiste en incluir un agitador de velocidad lenta para recircular el agua que se encuentra en el interior, con el propósito de formar flóculos de mayor tamaño que puedan precipitarse, aprovechando la desestabilización de los coloides a causa del coagulante, mejorando de esta manera el tratamiento de floculación. Este agitador se compone de un impulsador de dos paletas y un motorreductor modelo RF27. Esta mejora en el diseño del tanque influye positivamente en la calidad del efluente final, así mismo se calculó la DBO y la DQO del efluente en base a los porcentajes de remoción de parámetros según la etapa del tratamiento, concluyendo que es apta para riego de cultivos de tallo alto.

Palabras claves: PTAR, Rediseño, Reúso en áreas verdes

ABSTRACT

In the present investigation, the wastewater treatment plant (WWTP) of the JOSCANSA SAC company was redesigned in order to improve the quality of the treated wastewater, which meets the environmental quality standards (ECA) of the standard and capacity. Of being reused for the irrigation of high stem crops.

The poorly implemented treatments and the lack of equipment were identified using data collection techniques: the observation and analysis of documentary material such as plans in AutoCAD of the WWTP, as valuable information for the identification of deficiencies in a certain treatment. The redesign of the WWTP includes improvements in the mixing tank for the flocculation process.

The redesign of the mixing tank consists in including a slow speed stirrer to recirculate the fluid that is inside, with the purpose of forming bigger flocs and it can be precipitated, taking advantage of the destabilization of the colloids due to the coagulant, improving this way the treatment of flocculation. This agitator consists of a two-blade impeller and a gearmotor model RF27. This improvement in the design of the tank positively influences the quality of the final effluent, likewise the DBO and the DQO of the effluent were calculated on the basis of the percentages of removal of parameters according to the stage of the treatment, concluding that it is apt for the irrigation of high stem crops.

Keywords: WWTP, Redesign, Reuse in green areas

INTRODUCCIÓN

A partir del año 1993, en todo el mundo se empezó a celebrar cada 22 de Marzo el día mundial del agua, con el fin de llamar la atención a la población para el cuidado y buen uso de este recurso hídrico. Además, se buscó incentivar la creación de ideas innovadoras que ayuden en todo el mundo, así como en nuestro país, a solucionar problemas de escasez de agua.

Desde entonces, el hombre toma más conciencia acerca de la importancia de preservar el agua como recurso vital en la naturaleza, llevándolo en la búsqueda de métodos novedosos que mejoren su cuidado y recuperación eficiente, éste último a través de adecuadas depuraciones que se llevan a cabo en plantas de tratamiento de aguas residuales; de allí que una de las estrategias de mayor importancia para recuperar aguas utilizadas, lo constituyen los tratamientos de aguas residuales, que es objeto del presente estudio.

La necesidad de cuidar el medio ambiente y defender la salud pública ante la amenaza de constantes y crecientes descargas directas de aguas residuales sin previo tratamiento hacia los cuerpos receptores como ríos, lagos y mares; dieron origen al tratamiento de aguas residuales que contribuyen a la conservación de estos cuerpos receptores, así como en la optimización del uso del agua, reutilizando los efluentes tratados para algunas actividades como riego de áreas verdes, servicios de limpieza y usos industriales, actividades donde no es necesario el uso de agua potable.

En la actualidad, Perú presenta muchos inconvenientes con respecto al vertido de las aguas residuales domesticas sin ningún grado de tratamiento hacia los cuerpos hídricos. Los volúmenes de agua cada vez llegan más contaminados a su destino debido al crecimiento exponencial de la población sumado a las descargas de aguas residuales por parte de poblaciones que no cuentan con el servicio de alcantarillado, vertiendo las aguas que generan, directamente y sin tratamiento alguno a ríos, lagos y mares, generando un foco infeccioso peligroso para el medio ambiente y la salud.

El objetivo principal de este estudio es de rediseñar la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas que cuenta la empresa JOSCAN S.A.C, para obtener agua tratada de mejor calidad que pueda ser reutilizada en el riego de áreas verdes. Este se puede realizar mediante el diagnóstico de la situación actual de la planta de tratamiento, que permita la identificación de los procesos a mejorar mediante el análisis de los datos obtenidos, y a partir de ello, proponer un rediseño de la planta teniendo en cuenta las normas y guías existentes de las plantas de tratamiento y su regulación de las descargas y reúso de las aguas residuales.

De este modo, la justificación de este proyecto está basada en darle un mejor uso a las aguas tratadas que se obtendrían después del tratamiento con el nuevo diseño de la planta, además de contribuir económicamente a la empresa al generar un ahorro con la reducción de volúmenes de compra de agua.

1. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El agua es un elemento esencial para la vida; el hombre la utiliza para satisfacer desde sus necesidades básicas hasta para el desarrollo de gran parte de sus actividades económicas. Además, interviene en la mayor parte de los procesos relacionados con la transformación de la superficie de la tierra y del clima.

El hombre en su búsqueda por su bienestar, lo ha llevado al asentamiento en ciudades, poblados y actualmente en lotes residenciales; así, cada núcleo poblacional genera múltiples requerimientos tales como: servicios, comunicación, salud, etc., siendo unas de las necesidades más básicas los servicios de saneamiento y agua potable, necesarios para mejorar las condiciones de vida y salud en los lugares habitados. Sin embargo, la satisfacción de tales necesidades ocasiona inevitablemente la generación de volúmenes significativos de aguas residuales, que evidentemente genera un problema a los ecosistemas terrestres y acuáticos y en consecuencia a sus diversas formas de vida que allí habitan, así como a la salud de los pobladores cuando se descargan aguas residuales sin tratamiento alguno a los cuerpos receptores.

Generalmente en nuestra ciudad de Piura como en otras, dicho volúmenes de aguas residuales domésticas que se generan son conducidas a través de los sistemas de alcantarillado de la ciudad hacia diversos receptores públicos como privados donde se realizan procesos de tratamiento antes de su disposición final.

En la actualidad existen lotes residenciales, cuyos servicios se inician con un precario abastecimiento de agua potable, generando aguas residuales de origen domestico que son depositados en una poza de recepción que por lo general está bajo tierra, para luego ser llevados para su posterior tratamiento por una EPS autorizada.

Empresas privadas de características similares a las EPS como lo es la empresa JOSCANSA SAC ofrecen el servicio del recojo y tratamiento de aguas residuales domésticas; para lo cual cuenta con una planta de tratamiento, tratando no sólo las aguas residuales de sus servicios, sino también las aguas residuales que genera por la actividad

diaria de lavado de vehículos, lavado de trapos industriales y servicios higiénicos. Debido a las complicaciones técnicas de algunos procesos de la planta, las aguas residuales sólo pasan por el pretratamiento de cribado y el tratamiento de sedimentación. Como consecuencia se obtiene agua tratada de baja calidad que sólo puede ser reutilizada para el riego del terreno propiedad de la empresa.

Cabe mencionar que dicho terreno es de aproximadamente 200 hectáreas; ubicado en el km 3 carretera Piura – Paita, y una parte de éste está destinado para un proyecto de reforestación de especies nativas de la zona como el algarrobo, que será llevado a cabo por la empresa; siendo imposible utilizar el agua tratada proveniente de la PTAR por la baja calidad que presenta, generando de esta manera costos por la adquisición de volúmenes de agua para el riego de estas futuras áreas verdes. Es por eso, necesaria una propuesta de rediseño de la planta de tratamiento que permita obtener agua de reúso para áreas verdes.

De este modo, se espera realizar el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la empresa JOSCANSA SAC, a partir de la identificación de los diversos problemas de sus procesos que condicionan la eficiencia de la planta.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Uno de los servicios con más actividad en la empresa JOSCANSA SAC es el recojo de aguas residuales provenientes de urbanizaciones que cuentan con servicio de agua y desagüe cuya disposición final temporal se da en pozos; y de instalaciones de empresas que no tienen acceso a servicios de saneamiento.

Dado que existen procesos mal implementados que condicionan la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, procesos que terminan influyendo en el rendimiento y costos del tratamiento, y por consecuente en la calidad del efluente; se plantea:

- ¿Cómo será el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la empresa JOSCANSA SAC que permita obtener agua para su reúso en el riego de áreas verdes?

De igual forma, se pueden plantear otros cuestionamientos secundarios, que serán objetos a tratar en la presente investigación, como:

- ¿Cuál es el diagnóstico de la situación actual de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas?
- ¿Cuáles serán los procesos susceptibles de mejora de la planta de tratamiento?
- ¿Cuáles serán las características técnicas de la planta de tratamiento que permitan obtener agua para el riego de áreas verdes?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La empresa JOSCAN S.A.C. ofrece el servicio de recojo, transporte, tratamiento y disposición final de aguas residuales generados por sus clientes, compuestos básicamente por algunas inmobiliarias, y otras empresas quienes a través de sus instalaciones provisionales generan aguas residuales de origen doméstico. Para realizar este servicio, la empresa cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) con el fin de aprovechar dichas aguas residuales que luego de ser tratadas son destinadas básicamente para el riego del terreno con el que cuenta la empresa, aunque acompañados de malos olores, también se destinan al acondicionamiento de la vía que permite facilitar el tránsito de vehículos de la empresa hacia el mencionado terreno.

Algunos procesos en la planta de tratamiento de la empresa vienen presentando desde el inicio de sus operaciones problemas técnicos, como resultado se obtiene agua tratada con una calidad insuficiente para su reúso en áreas verdes; motivo de la presente investigación; siendo aprovechada a la fecha sólo para el acondicionamiento de terrenos. Precisamente este cuestionamiento nos motiva a realizar el presente estudio de investigación, por lo que es de vital importancia hacer un diagnóstico de la situación actual, identificar procesos a mejorar y rediseñar los procesos de la pequeña planta de tratamiento de aguas residuales domésticas. Así mismo tal propuesta le dará la oportunidad a la empresa de adicionar sus servicios de reúso del agua tratada como agua de riego para proyectos de reforestación y áreas verdes tan importantes y reclamados por la comunidad piurana.

De este modo, la presente investigación pretende la elaboración del rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para contribuir a mejorar su eficiencia.

Por las razones antes mencionadas, se espera que la presente investigación sea de gran importancia y utilidad a la empresa JOSCAN S.A.C. y en general a toda empresa relacionada al sector medioambiental.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general.

- Rediseñar la Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas de la empresa JOSCAN SAC, para su reúso en áreas verdes.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Diagnosticar la situación actual de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.
- Identificar los procesos susceptibles de mejora de la planta de tratamiento.
- Determinar las características técnicas de la planta de tratamiento que obtenga agua para el riego de áreas verdes.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1 Hipótesis general.

- El rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la empresa JOSCAN-SAC, permite obtener agua reutilizable para el riego de áreas verdes.

1.5.2 Hipótesis específicas.

- El diagnóstico de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, permite saber la situación actual de la misma.
- Los procesos susceptibles de mejora de la planta de tratamiento pueden ser identificados a partir del diagnóstico.
- Las características técnicas de la planta de tratamiento basado en la norma OS.090 e investigaciones relacionadas, permite obtener agua para el riego de áreas verdes.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Prada, Ordoñez y Serrano (2006), en su tesis “Rediseño del sistema de tratamientos de aguas residuales de la Planta de sacrificio de bovinos y porcinos del municipio de Lebrija - Santander”. Determinó que “además de la sensible disminución de los costos de construcción y operación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y en el grado de las afectaciones ambientales producidas, la gestión ambiental enmarcada en la producción más limpia puede generar, contrario a la creencia generalizada, ahorro e incluso ingresos y no sólo sobre costos”.

Amaya y Gómez (2011) en su tesis “Estudio Técnico-Económico del tratamiento de Aguas Residuales Industriales de las plantas de procesamiento de productos hidrobiológicos congelados en la zona industrial II de Paita-Perú”. Teniendo como objetivo “realizar un estudio técnico-económico del tratamiento de aguas residuales industriales de las plantas de procesamiento de productos hidrobiológicos congelados en la zona industrial II de Paita, que cumpla con la normativa nacional vigente y que con su implementación nos permita obtener, a partir de residuos líquidos y sólidos, productos beneficiosos para las áreas agrícolas, la industria y la biodiversidad” llegando a la conclusión “la industria de procesamiento de productos hidrobiológicos congelados de la ciudad de Paita está conformada por las líneas productivas: congelado y harina residual, y en menor presencia: industria de enlatado y curado” y recomendando “para iniciar la etapa de diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales debe llevarse a cabo, antes que todo, un muestreo y análisis físico, químico y biológico del agua residual”.

Mendoza (2011) en su tesis “Evaluación y rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales del barrio cañaveral de la ciudad de Nueva Loja”. Cuya finalidad es evaluar y rediseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales de los Barrios Cañaveral, Gustavo Andrade, La Pampa y Lagunas de San Vicente, para que sus vertidos cumplan con las normas pertinentes. Llegando a la conclusión “que los sistemas deberían cumplir con

parámetros de diseño que permitan tratar las aguas y, cumplan con las normas de calidad de vertidos dado en el TULAS y, de esta manera preservar la calidad ambiental de los cuerpos receptores (esteros y ríos)". Y recomendando "realizar la limpieza y mantenimiento de todas la plantas de tratamiento de aguas residuales".

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1 Agua residual.

2.2.1.1 Definición

Pinzón y Almeida (2010), definieron a las aguas residuales como aquellas que resultan después de haber utilizado el agua proveniente del sistema de abastecimiento de una población, en diversas actividades domésticas, industriales y comunitarias; y que se pueden originar a partir de la mezcla de líquidos y residuos sólidos llevados por el agua que generan las residencias, oficinas, centros comerciales e instituciones; y que a su vez se mezclan con residuos que provienen de actividades agrícolas e industriales, y en algunos casos con aguas subterráneas, superficiales o de precipitación.

2.2.1.2 Tipos de aguas residuales

Según García (2008), la calidad de agua se ve afectada por su contaminación, haciéndola menos aprovechable y convirtiéndola en factor de amenaza para la salud, modificando su condición de elemento beneficioso para la misma.

De acuerdo a su origen se identifican los tipos de aguas residuales más comunes:

- **Aguas residuales domésticas:** son aquellas que están compuestas básicamente del agua ya usada procedente del abastecimiento de agua de viviendas, edificios comerciales e instituciones de la comunidad, a los que se unen residuos de baños, cocinas y lavanderías, y que pueden incluir residuos de procesos industriales, así como la infiltración de agua subterránea y otros residuos líquidos. García (2008)

- **Aguas residuales industriales:** para Silva (2004), son aguas generadas en los procesos industriales y que dependen de la actividad productiva y de otros factores de la industria como tecnología empleada, calidad de materia prima, etc., para determinar la cantidad y composición de éstas. Así encontramos aguas industriales con alto contenido de materia orgánica biodegradable (mataderos, industrias de alimentos), otros con materia orgánica y compuestos químicos (curtiembre, industria de celulosa) y por ultimo aguas residuales con sustancias inorgánicas u orgánicas no degradables procedentes de industrias metalúrgicas, textiles, químicas y mineras.
- **Aguas de lluvia:** la escorrentía generada por aguas de lluvias tiene un caudal mayor que las aguas residuales domésticas e industriales, sin embargo presentan menos contaminación. Las aguas iniciales que limpian las áreas por donde escurren son las que presentan mayor contaminación. (Silva, 2004, p. 4)

2.2.1.3 Inconvenientes con el agua residual

La contaminación del agua es inevitable cuando el hombre la utiliza para satisfacer desde sus necesidades más básicas hasta gran parte de sus actividades, en consecuencia la calidad del agua se ve afectada por la presencia de sustancias y microorganismos que la convierten en un factor de contaminación para el medio ambiente y en un peligro para la salud de los pobladores que viven cerca a los lugares donde estas aguas son descargadas sin tratamiento alguno.

Espigares y Pérez (1985), nos aportaron las siguientes definiciones de los principales inconvenientes de las aguas residuales:

Malos olores y sabores

Se deben especialmente a la descomposición de sustancias presentes en las aguas residuales que se dan mayormente en procesos anaerobios, en los que se descompone

materia orgánica, con desprendimiento de gases, sumado a las causas naturales de olores y sabores como proliferación de microorganismos, presencia de vegetación acuática, mohos, hongos, etc., y la disminución de sulfatos a sulfuros, en condiciones anóxicas.

Acción tóxica

Es el efecto ocasionado por algunos residuos sobre la flora y fauna natural de las masas hídricas receptoras y sobre los consumidores que utilicen esas aguas, o que por la acumulación de estas sustancias tóxicas en la cadena alimentaria se vean afectados. Es importante recalcar que muchas veces las aguas residuales se reutilizan para el riego de cosechas de verduras y hortalizas sin pasar ningún tratamiento previo, convirtiéndose en un gran riesgo para las personas que consumen estos vegetales crudos, contaminándose directamente por tóxicos o microorganismos.

A veces los residuos no son los responsables de la desaparición de los organismos del agua, ya que existen situaciones en donde las sustancias contaminantes presentes en el agua necesitan de grandes cantidades de oxígeno para descomponerse, llegando de esta manera a agotarse el oxígeno, impidiendo la vida acuática debido a las condiciones anóxicas que se crean.

Por ello, se realizan estudios sobre la toxicidad de algunos compuestos sobre organismos y microorganismos acuáticos, y sobre el grado de resistencia y adaptación que demuestran ante algunas sustancias y elementos presentes en el agua.

Estos organismos nos pueden servir como bioindicadores de la calidad del agua, ya que la presencia o ausencia nos ayuda a determinar el nivel de contaminación, con la importancia de que se tome en cuenta el medio de referencia, ya que la presencia de un mismo organismo en diferentes medios puede indicar distintos grados de polución, lo que podría generar una subestimación del grado de contaminación según el medio del que se trate y por una simple comparación.

Los efectos tóxicos pueden ser:

- Letales: muerte por envenenamiento directo.
- Subletales: por debajo de los niveles que causan la muerte, pero que podrían dañar el crecimiento, reproducción o actividad de los organismos.
- Agudos: a un corto plazo causan un efecto que por lo común es la muerte.
- Crónicos: a un lapso de tiempo prolongado causan un efecto letal o subletal.
- Acumulativos: el efecto se incrementa con dosis sucesivas.

2.2.1.4 Aguas residuales municipales

Según la Norma Técnica de Edificación OS.090 de plantas de tratamiento de aguas residuales (2006), son aguas residuales domésticas, o la mezcla de éstas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

Como se menciona en la anterior definición, las aguas residuales municipales están compuestas básicamente de aguas residuales domésticas, éstas últimas están constituidas a la vez por:

- Aguas de cocina: sólidos, materia orgánica, grasas, sales.
- Aguas de lavadoras: detergentes, nutrientes.
- Aguas de baño: jabones, geles, champús.
- Aguas negras: procedentes del metabolismo humano: sólidos, materia orgánica, nutrientes, sales, organismos patógenos.

2.2.1.4.1 Características de las aguas residuales municipales

Las características de las aguas residuales municipales varía de acuerdo al tamaño de la población, al nivel socioeconómico, el nivel de industrialización, el tipo de sistema de alcantarillado que se brinda, la cultura que tiene la población en el buen uso del agua y de la incidencia de la pluviometría. Estos factores son muy importantes para determinar el caudal de las aguas residuales, así como las características físicas, químicas y bacteriológicas.

Cabe recalcar que para una correcta elección e implementación de los sistemas que se encargaran del recojo, tratamiento y evacuación de las aguas residuales generadas en cada núcleo poblacional, es necesario que se conozcan previamente el caudal y las características de estas aguas.

2.2.1.4.2 Parámetros empleados para caracterizar las aguas residuales municipales

Las aguas residuales municipales o también llamadas urbanas, tienen contaminantes que se pueden cuantificar a través de parámetros.

En el monográfico “Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas” del Centro de Nuevas Tecnologías del Agua de Sevilla (CENTA), se definen los parámetros más habituales que caracterizan a las aguas residuales:

Aceites y grasas: de procedencia doméstica o industrial, el contenido en aceites y grasas presentes en un agua residual se determina mediante su extracción previa, con un disolvente apropiado y la posterior evaporación del disolvente.

Sólidos en suspensión: se denomina de este modo a la fracción de los sólidos totales que quedan retenidos por una membrana filtrante de un tamaño determinado (0.45 μm). Aproximadamente el 60% de los sólidos en suspensión son sedimentables y un 75% son de naturaleza orgánica.

Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO₅): cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C)

Demanda Química de Oxígeno (DQO): medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio.

Nitrógeno: su presencia en las aguas residuales es debida principalmente a detergentes y fertilizantes, a la vez de excretas humanas y se presenta en forma de nitrógeno orgánico, amoníaco y, en menor cantidad, de nitratos y nitritos. Para su cuantificación se recurren generalmente a métodos espectrofotométricos.

Fósforo: en las aguas residuales aparece principalmente como fosfatos orgánicos y polifosfatos. Al igual que las distintas formas nitrogenadas, su determinación se realiza mediante métodos espectrofotométricos.

Organismos Patógenos: los organismos patógenos se encuentran en las aguas residuales en muy pequeñas cantidades siendo muy difícil su aislamiento, por ello, se emplean habitualmente los Coliformes como organismo indicador.

Según la norma técnica de edificación OS.090 de plantas de tratamiento de aguas residuales, para comunidades sin sistema de alcantarillado, la determinación de las características debe efectuarse calculando la masa de los parámetros más importantes, a partir de los aportes per cápita indicadas en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Aportes per cápita para aguas residuales de comunidades sin sistema de alcantarillado

APORTES PER CAPITA PARA AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS	
PARAMETROS	
-DBO 5 días, 20°C, g/ (hab.d)	50
-Sólidos en suspensión, g/ (hab.d)	90
-NH ₃ – N como N, g/ (hab.d)	8
-N Kjeldahl total como N, g/ (hab.d)	12
-Fosforo total, g/(hab.d)	3
-Coliformes fecales, N° de bacterias / (hab.d)	2x10 ¹¹
-Salmonella Sp., N° de bacterias / (hab.d)	1x10 ⁸
-Nematodos intes., N° de huevos / (hab.d)	4x10 ⁵

Fuente: Norma Técnica de Edificación OS.090, 2006

2.2.1.5 Aguas residuales industriales

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), 2014, define a las aguas residuales industriales como aquellas que resultan de los procesos productivos, incluyendo las aguas generadas por la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.

Estas aguas son muy variables no solo en industrias de diferente rubro, sino también en industrias del mismo tipo, debido a las características que presentan como caudal y composición que varían según el tipo de proceso productivo instalado.

En comparación con las aguas residuales domésticas, estas aguas tienen un mayor grado de contaminación, presentando sustancias que no se eliminan con un simple tratamiento convencional, ya sea por estar en concentraciones elevadas, o bien por su naturaleza química. Muchos de los compuestos orgánicos e inorgánicos que se han identificado en estas aguas procedentes de instalaciones industriales son objeto de regulación especial debido a la toxicidad que tienen o a sus efectos biológicos a largo plazo (Rodríguez et al., 2006).

2.2.2 Tratamiento de aguas residuales.

Silva (2004) señala que un sistema de tratamiento o estación depuradora de aguas residuales (EDAR) es una instalación donde el agua residual pasa por una combinación de procesos de tratamiento físicos, químicos y/o biológicos con el objetivo de eliminar la materia en suspensión, sustancias coloidales y por ultimo sustancias disueltas que contienen, con el fin de mejorar la calidad de estas aguas para que cumplan con las normativas existentes y proporcionar una adecuada integración en el entorno de estas aguas, y obtener los mejores rendimientos posibles.

El tratamiento que se empleará, dependerá directamente de las características del agua residual. Las aguas provenientes de las actividades industriales, requerirán tratamientos más completos que los que se necesitan para tratar aguas residuales domésticas, así mismo, las aguas que provienen de uso agropecuario requerirán tratamientos especiales debido a la presencia de residuos orgánicos en concentraciones considerables. En algunas ocasiones

dependiendo de la calidad de las aguas residuales y consideraciones económicas, estas podrían ser tratadas en una sola planta (p. 9).

En la figura 2.1 se muestran las etapas del tratamiento del agua residual y, las operaciones y objetivos en cada una de ellas.

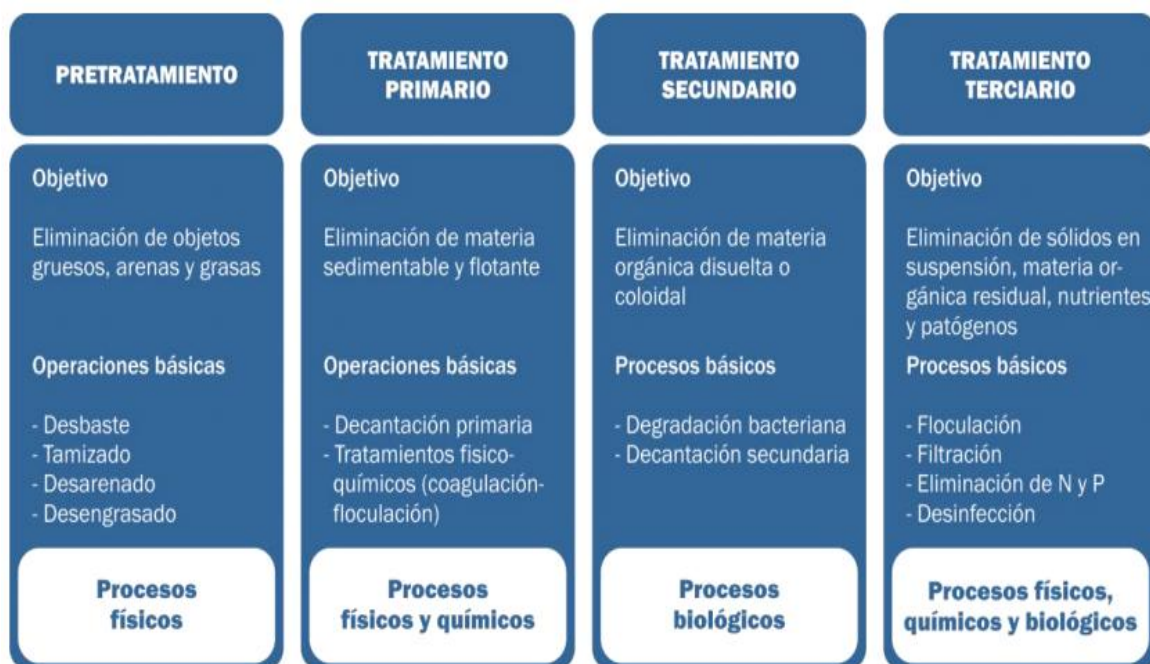


Figura 2.1. Etapas secuenciales del tratamiento de aguas residuales (ordenado de izquierda a derecha).

Fuente: Google: Alternativas para cuidar el medio ambiente.

2.2.2.1 Necesidad del tratamiento de las aguas residuales

Cuando se descubrió que enfermedades como el cólera, estaban directamente influenciados a la calidad del agua, se revolucionó la forma de gestionar los sistemas acuáticos. La construcción de canales cerrados y conductos para transportar las aguas servidas, permitió que las áreas urbanas estuvieran alejadas de ellas, y de esta manera se constituía el paso más importante hacia la solución de problemas de las epidemias transportadas por el agua, gracias a los sistemas de colección de aguas residuales que poco a poco se expandían y cada vez eran mayores las cantidades de estas aguas que se depositaban en zonas específicas, lejos de los cuerpos de agua; sin embargo surgió entonces un nuevo problema: el tratamiento de estas aguas contaminadas (Alasino, 2009).

En el monográfico “Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas” se destacan los más importantes efectos negativos que ejercen sobre los cauces receptores el vertido de aguas residuales sin depurar:

Aparición de fangos y flotantes. Los sedimentos en el fondo de los cauces son originados por la parte sedimentable de los sólidos en suspensión, y la parte no sedimentable da lugar a la acumulación de grandes cantidades de sólidos en la superficie y/o en las orillas de los cauces receptores formando capas flotantes

Los depósitos de fangos y flotantes no sólo provocan un desagradable impacto visual, también pueden originar el desprendimiento de malos olores, debido al carácter reductor de la materia orgánica, que puede llegar a provocar el agotamiento del oxígeno disuelto presente en las aguas.

Agotamiento del contenido de oxígeno presente en las aguas. Los componentes de las aguas residuales que son fácilmente oxidables, empezarán a ser degradados vía aerobia por la flora bacteriana de las aguas del cauce, con el consumo de una parte del oxígeno disuelto en la masa líquida. Sin embargo, si este consumo es excesivo, el contenido en oxígeno disuelto descenderá por debajo de los valores mínimos necesarios para el desarrollo de la vida acuática. Por consiguiente se pueden generar malos olores después que se ha consumido el oxígeno disponible, ya que los procesos de degradación serán vía anaerobia y liberarán gases que son los causantes de esos olores desagradables.

Aportes excesivos de nutrientes. Las aguas residuales contienen nutrientes (N y P principalmente) causantes de la proliferación de algas y otras plantas en los cauces receptores (eutrofización). Este crecimiento excesivo de biomasa puede llegar a impedir que estas aguas puedan ser utilizadas para usos domésticos e industriales.

Daños a la salud pública. El vertido de aguas residuales sin previo tratamiento a cauces públicos, pueden fomentar la propagación de organismos patógenos para el ser humano como virus, bacterias, protozoos y helmintos. El tifus, el cólera, la disentería y la hepatitis A

son algunas de las enfermedades que pueden propagarse a través de las aguas contaminadas por los vertidos de aguas residuales urbanas.

Las plantas de tratamiento pueden considerarse como un complemento artificial de los procesos naturales que se dan en las masas acuáticas al haberse sobrepasado ampliamente su capacidad de autodepuración, eliminando gran parte de los contaminantes presentes en las aguas residuales, vertiendo efluentes tratados, que pueden ser asimilados de forma natural por los cauces receptores.

2.2.2.2 Pretratamiento

En el año 2010, el Fondo Nacional del Ambiente FONAM, aportó la siguiente descripción de esta etapa, así como las operaciones que se realizan en ella.

El objetivo del pretratamiento de las aguas residuales es eliminar materias gruesas, cuerpos gruesos y arenosos que si están presentes en el efluente, perturbarían el tratamiento en general, así como el funcionamiento de máquinas, equipos e instalaciones de la estación depuradora. Se debe tener en cuenta que en esta etapa no se elimina ni afecta la materia orgánica.

En esta etapa están incluidas las operaciones de desbaste o cribado (para eliminar sustancias de gran tamaño a través de rejillas), tamizado (para eliminar partículas en suspensión), desarenado (para eliminar arenas y sustancias sólidas densas en suspensión) y desengrasado (para eliminar aceites y grasas flotantes).

2.2.2.2.1 Desbaste o cribado

Esta operación consiste en hacer pasar el agua residual a través de una rejilla con el objetivo de eliminar sólidos de pequeño y mediano tamaño como trozos de madera, trapos, raíces, etc., que podrían deteriorar o bloquear los equipos mecánicos y obstruir el paso del flujo de agua residual. El desbaste se clasifica según la separación que existe entre los barrotes de la rejilla en:

- Desbaste fino: con separación libre entre barros de 10-25 mm.
- Desbaste grueso: con separación libre entre barros de 50-100 mm.

En cuanto a los barrotes, los mismos deben de tener espesores mínimos según sea:

- Reja de gruesos: entre 12-25 mm.
- Reja de finos: entre 6-12 mm.

Según como se lleve a cabo la extracción de los residuos retenidos en los barrotes, se distinguen dos tipos de limpieza de rejillas, estas pueden ser de limpieza manual (figura 2.2) o de limpieza automática (figura 2.3).

- Rejas de limpieza manual

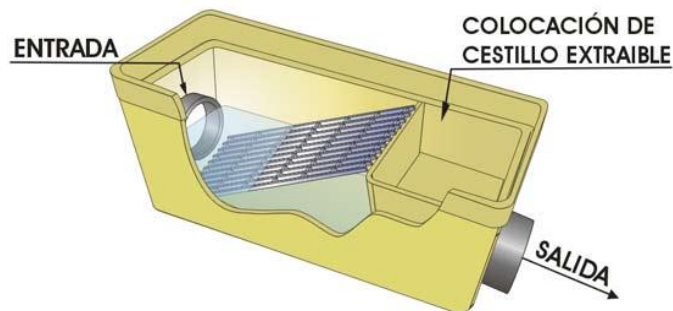


Figura 2.2. Reja de desbaste manual.

Fuente: página web de Bupolsa.

- Rejas de limpieza automática

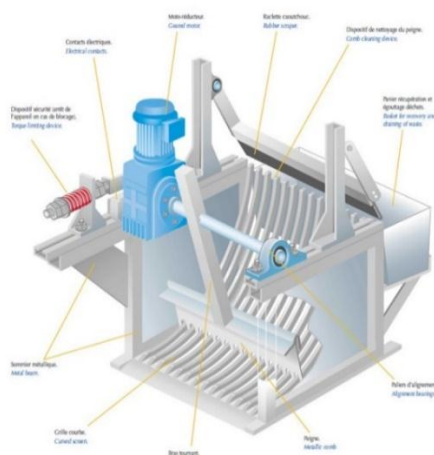


Figura 2.3. Reja de desbaste automático.

Fuente: página web de Europelec.

2.2.2.2.2 Tamizado

El objetivo de esta operación es similar al de desbaste, esto es, el de eliminar la materia que por su tamaño pueda interferir en los tratamientos posteriores. El tamizado consta en una filtración sobre soporte delgado y según las dimensiones de sus orificios de paso del tamiz, se distingue lo siguiente:

- **Macrotamizado:** se hace sobre chapa perforada o enrejado metálico con orificios de diámetro superior a 0,2 mm. Se usan para retener materias en suspensión, flotantes o semiflotantes, residuos vegetales o animales, ramas entre otros de tamaño 02 y varios milímetros.
- **Microtamizado:** se utiliza una tela metálica o plástica de malla inferior a 100 micras para retener materias en suspensión muy pequeñas presentes en el agua de abastecimiento o en aguas residuales pretratadas.

Cabe mencionar que la operación de tamizado se incluirá en una PTAR cuando las aguas residuales lleven cantidades excepcionales de sólidos en suspensión, flotantes o residuos. En la figura 2.4 se muestra el esquema de funcionamiento para los tamices de arco.

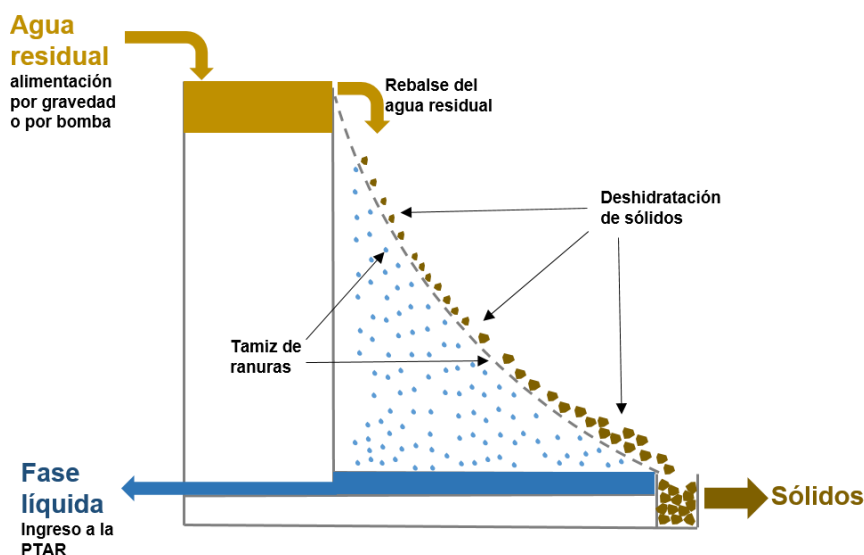


Figura 2.4. Esquema de funcionamiento para los tamices de arco.

Fuente: página web de GTWE Costa rica & Centroamérica

2.2.2.2.3 Desarenador

“El objetivo de esta operación es eliminar todas aquellas partículas de granulometría superior a 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión, y para evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguiente.” (FONAM, 2010)

La figura 2.5 muestra un desarenador de doble canal de limpieza manual:



Figura 2.5. Desarenador de doble canal

Fuente: Alianza por el agua (2008): Manual de depuración de aguas residuales urbanas

2.2.2.2.4 Desaceitado y desengrasador

En esta operación se eliminan grasas, aceites, espumas y materiales flotantes más ligeros que el agua, que si no son eliminados podrían causar complicaciones en los tratamientos posteriores. El desaceitado es una separación liquido-liquido, es decir se separan los aceites presentes del agua y el desengrase es una separación de solido-líquido (separación de grasas solidas del agua). En ambos casos la eliminación de aceites y grasas se realiza a través de insuflación de aire que ayuda a desemulsionar las grasas y mejorar la flotabilidad.

En algunos casos la separación de grasas se puede realizar en los decantadores primarios que cuentan con rasquetas superficiales de barrido, pero cuando el volumen de grasa es mayor, estas rasquetas serían insuficientes para el recojo de las grasas.

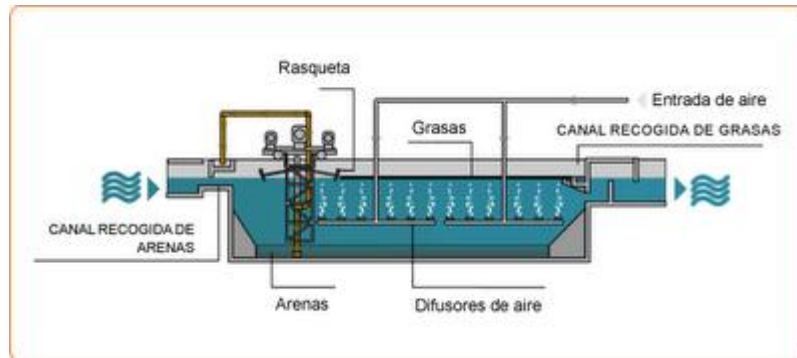


Figura 2.6. Desengrasador con rasqueta.

Fuente: Pagina web de la Universidad de Valencia: Economía del agua.

Según Alianza por el agua, (2008), en su manual “Depuración de Aguas Residuales Urbanas”, existen desengrasadores estáticos en donde se hacen pasar las aguas residuales a través de un deposito dotado de un tabique, el cual obliga a las aguas a salir por la parte inferior del mismo, permitiendo que las grasas y aceites que son de menos densidad que el agua, queden retenidos en la superficie. En este tipo de desengrasador estático (figura 2.7), la retirada de las grasas acumuladas se realiza manualmente con la ayuda de un recoge hojas de piscina.



Figura 2.7. Desengrasador estático

Fuente: Alianza por el agua (2008): Manual de depuración de aguas residuales urbanas

2.2.2.3 Tratamiento primario

“El objetivo del tratamiento primario es la remoción de sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga en el tratamiento biológico. Los sólidos removidos en el proceso tienen que ser procesados antes de su disposición final”. (Norma OS.090, 2006)

Para FONAM, (2010), los más importantes procesos y operaciones de tratamiento primario son:

2.2.2.3.1 Sedimentación

En esta operación los sólidos se separan del líquido por medio de la gravedad, el cual se basa en la diferencia que existe entre los pesos específicos del líquido y de las partículas. La separación de sólidos del líquido, se puede llevar a cabo cuando se dan los siguientes eventos: cuando el peso específico de las partículas sea mayor que el del agua sedimentada, y cuando el peso específico de las partículas sea menor que el del agua flotante. De esta manera se puede utilizar la sedimentación o la flotación para separar los sólidos en suspensión presentes en el agua residual.

Existe la sedimentación floculante o también conocida como sedimentación de partículas aglomerables que se da cuando la velocidad de sedimentación de las partículas aumenta mientras descenden hacia el fondo del tanque. El aumento de la velocidad de sedimentación de las partículas se debe a que estas incrementan su tamaño por acción de la floculación que se puede generar por la acción de barrido que ejercen algunas partículas, o a corrientes de densidad o turbulencia que ocurren dentro del tanque.

La sedimentación primaria es uno de los procesos que más se utiliza, y se puede llevar a cabo como único tratamiento, o como previo al tratamiento biológico en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Así, el objetivo principal de este proceso es remover los

sólidos sedimentables de las aguas residuales, además de la carga orgánica asociada con dichos sólidos.

La base para el diseño de sedimentadores es la carga superficial, la cual usualmente se expresa en términos de $\text{m}^3/\text{día}/\text{m}^2$ o $\text{m}^3/\text{hr}/\text{m}^2$, que resulta de dividir el caudal en $\text{m}^3/\text{día}$ o m^3/hr por la superficie total del tanque de sedimentación en metros cuadrados. Para aguas residuales domesticas se recomienda que dicha carga no exceda el valor de $24 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}^2$, cuando el caudal de tratamiento es inferior a $400 \text{ m}^3/\text{día}$. Si el caudal de tratamiento es mayor a $400 \text{ m}^3/\text{día}$, es posible utilizar cargas superficiales entre $30\text{-}32 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}^2$ y en algunos casos mayores a éstos.

Para el diseño también se consideran las zonas de entrada y salida del tanque sedimentador, la profundidad mínima que debe tener, su forma y tamaño. La cantidad de solidos que se van depositando en el fondo del tanque varía según el tiempo de retención como se indica en la figura 2.8. Es importante mencionar que la eficiencia de remoción de solidos sedimentables en el tanque, se podría ver afectada por los cambios bruscos de temperatura, así como las características del agua residual a tratar.

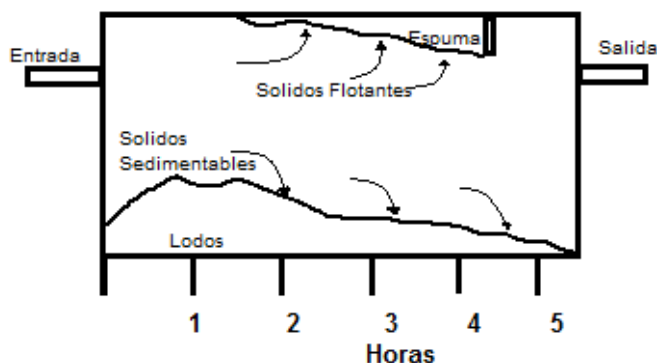


Figura 2.8. Proceso de sedimentación en un Sedimentador convencional

Fuente: Página de internet de ENEXIO: Tratamiento del agua

2.2.2.3.2 Coagulación y floculación

Los procesos de coagulación-floculación remueven los sólidos sedimentables y las partículas coloidales. La coagulación se define como la desestabilización de las partículas coloidales causadas por la adición de un reactivo químico llamado coagulante y la floculación se limita a los fenómenos de transporte de las partículas coaguladas para

provocar colisiones entre ellas promoviendo su aglomeración, es decir en este proceso se lleva a cabo la separación de líquido-sólido para remover solidos suspendidos en las aguas residuales.

Los coagulantes metálicos como sales de Hierro y Aluminio son los más utilizados en la clarificación de aguas y eliminación de DBO y fosfatos de aguas residuales. Estas sales tienen la ventaja de actuar como coagulantes-floculantes al mismo tiempo, sin embargo son muy sensibles a un cambio de pH. La clarificación es pobre si el pH no está dentro del intervalo adecuado, además se podrían solubilizar Fe o Al y generar problemas. El sulfato de aluminio, sulfato férrico y cloruro férrico son los coagulantes más utilizados. En la figura 2.9 se detalla el proceso de coagulación-floculación en el tratamiento del agua residual.



Figura 2.9. Proceso de Coagulación – Floculación

Fuente: Página web de KOSHLAD SCIENCE MUSEUM

2.2.2.3.3 Tanques imhoff

El objetivo del tanque imhoff es la remoción de solidos suspendidos. Conocidos también como tanques de doble cámara, debido a que en él se integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados que ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Estos tanques no requieren de partes mecánicas, debido a que su operación es simple, sin embargo, es necesario que las aguas residuales previamente pasen por los procesos de pretratamiento de cribado y remoción de arenas. Estos tanques generalmente son de forma rectangular y se dividen en tres compartimientos (figura 2.10):

- Cámara de sedimentación.
- Cámara de digestión de lodos.
- Área de ventilación y acumulación de natas.

“Durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador. El traslape tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, sean desviadas hacia la cámara de natas o área de ventilación” (FONAM, 2010).

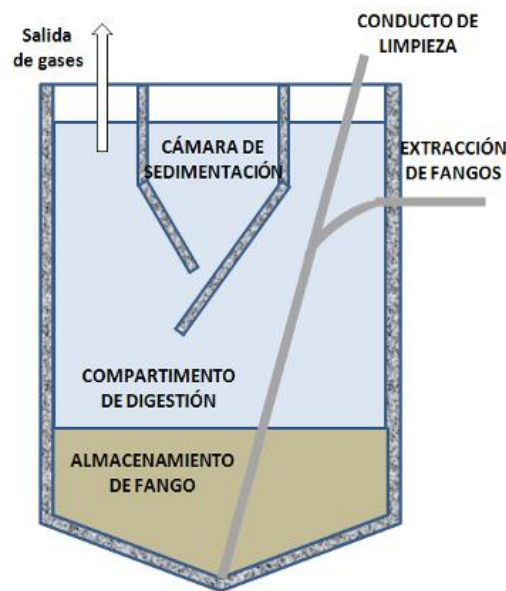


Figura 2.10. Esquema de un Tanque Imhoff.

Fuente: Guía práctica para la depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones

2.2.2.3.4 Digestión primaria de lodos

Estos lodos producidos en la decantación primaria o secundaria, están compuestos por sólidos y agua que se encuentra agregada o como agua capilar. El volumen de lodos producido dependerá del tipo de tratamiento que se realiza y de factores externos, como la climatología o el volumen de agua residual tratado.

Cuando los lodos entran en putrefacción rápidamente, se producen malos olores. De esta manera, se requieren sistemas en la digestión de lodos primarios que permitan retener sólidos superiores a 25 días cuando la temperatura promedio de las aguas residuales sea entre 20-25 °C.

2.2.2.4 Tratamiento secundario

FONAM (2010), define como aquella fase cuyo objetivo es reducir la materia orgánica presente en las aguas residuales que han pasado las fases de pretratamiento y tratamiento primario. El diseño del tratamiento secundario o biológico se basa en el proceso biológico de autodepuración que ocurre naturalmente. Al aplicar este tipo de tratamiento en aguas servidas antes de su descarga en los cuerpos receptores, ayuda a conservarlos previniendo su contaminación. *“En estos procesos, la materia orgánica biodegradable de las aguas residuales domésticas actúa como nutriente de una población bacteriana a la cual se le proporciona oxígeno y condiciones controladas, en resumen, el tratamiento biológico es por tanto una oxidación de la materia orgánica biodegradable con participación de bacterias que se ejecuta para acelerar un proceso natural y evitar posteriormente la presencia de contaminantes y la ausencia de oxígeno en los cuerpos de agua”* (FONAM, 2010).

Existen diferentes alternativas de tratamiento en esta fase, entre estas tenemos:

2.2.2.4.1 Lagunas de estabilización

Estas lagunas de estabilización o estanques de estabilización están diseñados para depurar la carga del afluente mediante la acción de microalgas y bacterias saprofitas de manera

natural a un costo mínimo de operación, que le permite ser una buena alternativa para poblaciones con bajo recursos económicos. La cinética de este proceso se ve influenciada directamente por la temperatura del lugar donde se encuentra la laguna de estabilización, por este motivo este tipo de tratamiento también es una buena solución para pequeñas comunidades de climas cálidos y templados. (Silva, 2004)

Otras ventajas que ofrecen las lagunas de estabilización, es que no requiere de personal calificado para su operación, además en ellas no solo se pueden tratar aguas residuales domésticas, pueden también tratar aguas residuales industriales. Sin embargo requiere de grandes extensiones de terreno.

En las lagunas de estabilización encontramos a las lagunas anaerobias, aireadas y facultativas:

Lagunas anaerobias

El monográfico “Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas” define a este tipo de laguna de la siguiente manera:

Son lagunas en condiciones de ausencia de oxígeno disuelto en casi toda la masa líquida, y que desarrollan exclusivamente en su interior bacterias anaerobias.

Uno de los principales mecanismos que contribuyen a mantener el ambiente anaerobio en este tipo de lagunas son las elevadas cargas orgánicas con las que se opera (más de 100g DBO₅ m³ d⁻¹), que hacen que se consuma rápidamente el posible oxígeno que llega con el agua residual afluente.

Los objetivos básicos de la etapa anaerobia son:

- Retener la mayor cantidad de sólidos sedimentables y flotantes
- Estabilizar los lodos que se van acumulando en el fondo de la laguna

Con las reacciones anaerobias también se genera biogás como subproducto en la laguna como se muestra en la figura 2.11. Este biogás está compuesto de una mezcla de metano y dióxido de carbono en una proporción de 70:30 respectivamente que se desprende en forma de burbuja a través de la superficie de la laguna.

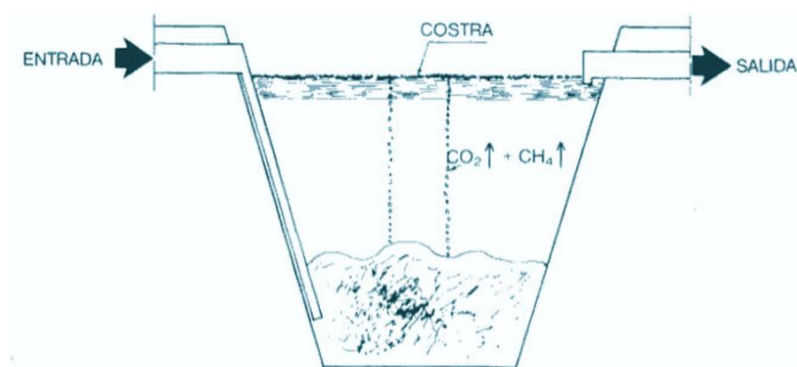


Figura 2.11. Esquema básico de operación de una laguna anaerobia.

Fuente: Alianza por el agua (2008): Manual de depuración de aguas residuales urbanas

Lagunas aireadas

Las lagunas aireadas son un tipo de lagunas de estabilización donde el oxígeno suministrado de forma natural es insuficiente para llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica, siendo necesario dispositivos mecánicos que contribuyan con el adecuado suministro de oxígeno.

Es un proceso de tratamiento biológico simple que tiene bajos costos de mantenimiento pero que requiere de grandes espacios en comparación con los sistemas de lodos activados. Los embalses de agua servida dispuestas en el terreno, se oxigenan mediante aireadores superficiales o difusores que se encuentran sumergidos para generar oxidación bacteriana. Estos dispositivos de alimentación de aire, generan turbulencia que ayuda a mantener la materia en suspensión. Con una adecuada aireación y dependiendo de las condiciones climáticas, las bacterias crecen aceleradamente en un tiempo de residencia normal de 3 a 6 días. En cuanto a la separación de sólidos que se logra por decantación en este tratamiento demora de 6 a 12 horas. En este proceso no hay recirculación de lodos como se da en el

proceso de lodos activados, sin embargo, la calidad de su efluente es inferior al de este último. (FONAM, 2010).

En la figura 2.12 se puede apreciar la formación de espuma debido al suministro mecánico de oxígeno en la laguna.



Figura 2.12. Laguna aireada.

Fuente: página web de Engineering fundamentals.

Lagunas facultativas

En este tipo de lagunas se pueden encontrar diversos tipos de microorganismos según en el estrato en el que se encuentren. En el fondo se pueden ubicar los microorganismos anaerobios donde se acumulan los sedimentos; en la zona intermedia se encuentran los microorganismos más adaptados que pueden sobrevivir a las condiciones cambiantes de oxígeno disuelto que se da en esta laguna durante todo el día, estos son los llamados facultativos del cual se toma el nombre de este tipo de laguna; en la zona superficial se encuentran los aerobios gracias a las microalgas que suministran el oxígeno a través de la actividad fotosintética que en ella desarrollan, y en menor medida, a fenómenos de reaeración superficial inducida por el viento.

La figura 2.13 muestra las zonas anaerobia, facultativa y aerobia que se establecen naturalmente en una laguna facultativa y las reacciones que se dan en cada una de ellas.

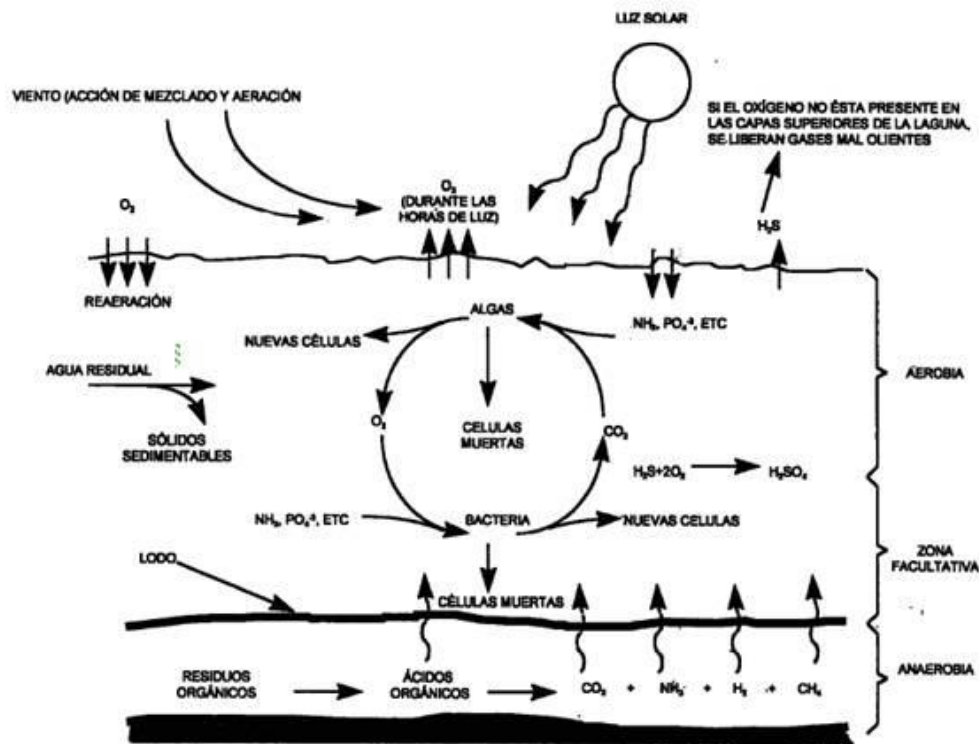


Figura 2.13. Interacción de bacterias y algas en una laguna facultativa

Fuente: Torres Cisneros, 2010

2.2.2.4.2 Lodos activados

Según FONAM, en este proceso el agua servida aireada se mezcla con bacterias aeróbicas que previamente se han desarrollado. Esta mezcla de agua servida previamente decantada, es agitada por bombas con la finalidad de que la materia este en suspensión y en continuo contacto con el oxígeno en el interior de piscinas de concreto armado. En el tratamiento se lleva a cabo la floculación de la materia orgánica degradada del agua servida, que se puede decantar más tarde, y una parte de la biomasa sedimentada se retorna al tratamiento biológico, para garantizar la permanencia de una adecuada población bacteriana, y el resto de la biomasa es purgado.

En este proceso la residencia de la biomasa en las piscinas es de 6 horas, lo que ofrece una clara ventaja por el corto tiempo de residencia, que permite a su vez tratar volúmenes grandes en espacios limitados y la eficiencia en la extracción de las materias suspendidas. Sin embargo, este proceso tiene una baja eficiencia en la eliminación de bacterias patógenas.

Para ambos casos, tanto para lodos activados y lagunas aireadas, el efluente resultante puede servir para regadío, siempre y cuando se hayan sometido a una cloración para desinfectarla. (p. 8-9)

2.2.2.4.3 Procesos anaerobios

Este proceso anaerobio consiste en una serie de procesos microbiológicos, donde intervienen principalmente bacterias que realizan la digestión de la materia orgánica con producción de metano, en un recipiente hermético sin luz y sin necesidad de suministrar oxígeno, por lo que el proceso es más barato y el requerimiento energético es menor. Sin embargo, el proceso es más lento, por lo que se requiere un mayor tiempo de contacto, impidiendo de esta manera, tratar volúmenes grandes de aguas servidas. Claro ejemplo de este tipo de tratamiento, son los tanques sépticos y los reactores anaerobios que tratan el agua en esas condiciones. (FONAM, 2010)

2.2.2.5 Tratamiento terciario

El objetivo del tratamiento terciario o avanzado es eliminar la carga orgánica que no ha sido eliminada en el tratamiento secundario, eliminar microorganismos patógenos, color y olor indeseables, así como detergentes, fosfatos y nitratos residuales. La cloración es parte de este tratamiento y con él se logra obtener un agua más pura que si se desea se podría potabilizar. (FONAM, 2010)

El cloro hoy en día sigue siendo el principal elemento para la desinfección de las aguas residuales; pero la presencia notable de este mismo en las aguas tratadas, requiere que se implemente procesos posteriores de decloración para minimizar el cloro residual. Sin embargo, existen también sistemas de desinfección alternativas como la radiación UV, la ozonización o el empleo de membranas que sustituyen a los sistemas de cloración. (Alianza por el Agua, 2008)

2.2.3 Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR

En el año 2010, en el Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM se dio a conocer la aprobación de los límites máximos permisibles, LMP, para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales. Según este Decreto, el Límite Máximo Permissible es el grado de concentración de sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a una emisión, cuyo exceso podría causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

En la Tabla 2.2 se detallan los parámetros que caracterizan a las aguas residuales tratadas según su límite máximo permisible para ser vertidos en cuerpos de aguas:

Tabla 2.2. Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR

PARAMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
Ph	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: D.S. N 003-2010 MINAM

2.2.4 Reúso de aguas tratadas.

El gran propósito de utilizar aguas tratadas es de contribuir positivamente en la economía y la sociedad, utilizando estas aguas en actividades como el riego agrícola u ornamental, en sistemas sanitarios individuales o comunales (descarga de inodoros), para recargar fuentes de aguas subterráneas o superficiales y para procesos industriales como las aguas que se

reciclan y se reúsan para procesos de enfriamiento. El efluente proveniente de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, son las que mayormente se reúsan en diferentes actividades. El reúso de agua o también llamado reciclaje de agua puede ser directo o indirecto, planificado o no-planificado y también puede ser con fines potables y no potables. (Quiñonez & Guerrero, 2004)

El reúso del agua conlleva directamente a usar menos agua potable y al ahorro por el consumo de la misma, permitiendo a la vez disminuir la explotación de fuentes de suministro de agua, conservando así, la disponibilidad para el futuro de este preciado recurso hídrico para un desarrollo sostenible.

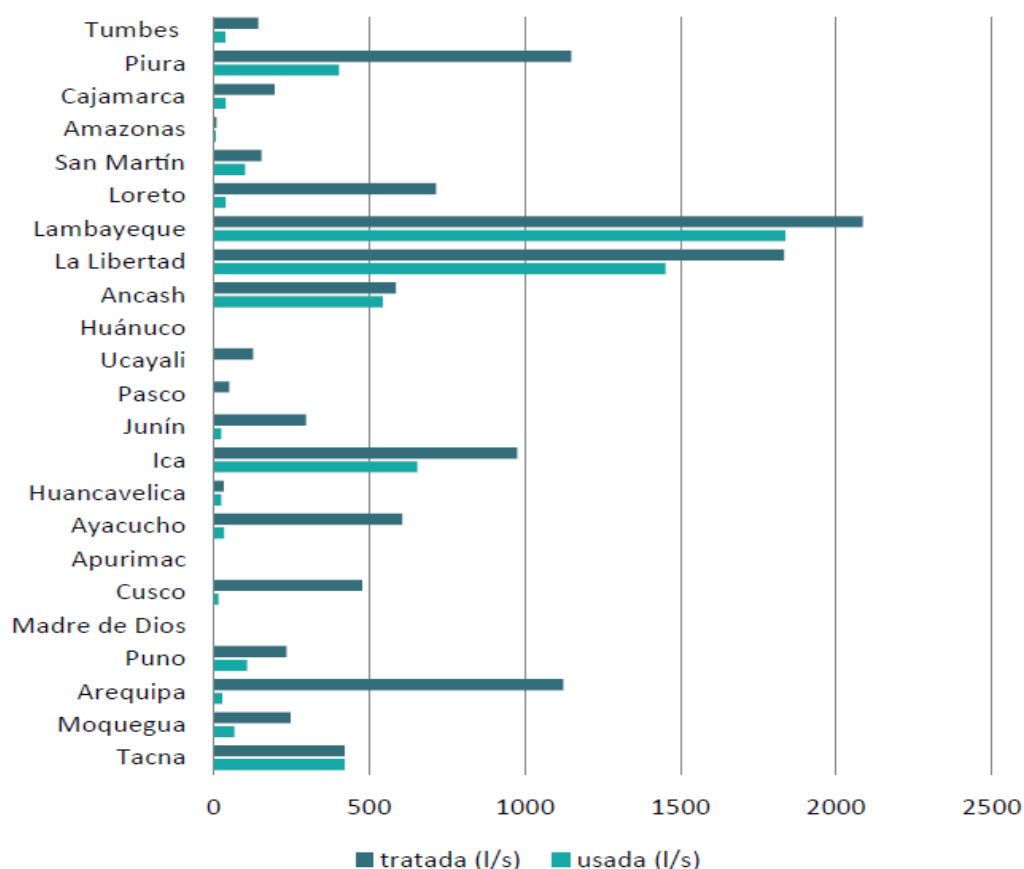


Figura 2.14. Comparación de los caudales tratados y los efluentes utilizados para el riego en las regiones del Perú (sin lima y Callao)

Fuente: SUNASS (2015) citado en Moscoso (2016)

La figura 2.14 muestra los caudales de los efluentes tratados en las PTAR de las regiones del Perú (sin Lima y Callao) y los caudales que son destinados al riego agrícola y de áreas verdes. Como se aprecia la región Piura con un caudal de más de 1000 l/s de efluente tratado, entrega menos del 50% del efluente para el reúso en el riego.

2.2.4.1 Beneficios ambientales y sociales del reúso de agua

El reúso del agua residual tratada en actividades similares o diferentes a las que la originó, representa un aprovechamiento ante la problemática que surge en la disposición final de estas aguas, generando beneficios ambientales y sociales:

- El reúso de agua puede disminuir la extracción de agua de los ecosistemas sensitivos: la utilización del agua para fines agrícolas, industriales y urbanos, trae como consecuencia un flujo de agua inadecuado, necesario para la supervivencia de la flora, fauna silvestre y peces que dependen de una buena cantidad de agua que debe fluir a través de los hábitáculos en los que viven y se reproducen. Las personas, así como las industrias pueden suplementar el agua potable por el agua residual tratada en algunas de sus actividades, causando un impacto positivo en la disponibilidad de agua para el ambiente. (Quiñonez & Guerrero, 2004)
- El reúso de agua disminuye las descargas a los cuerpos de agua sensitivos: existen ocasiones en que reusar el agua no depende de la escasez de agua disponible con el que se cuenta, por el contrario, el mayor propósito es proteger los cuerpos receptores hídricos como océanos y ríos de descargas de aguas residuales sin previo tratamiento, siendo necesario reducirlas o en lo posible eliminarlas para la conservación de estos cuerpos hídricos. (Quiñonez & Guerrero, 2004)
- El agua puede reusarse para crear o mejorar los humedales y los hábitáculos ribereños: algunos de los beneficios de los humedales es servir como hábitat para la flora y la fauna silvestre, mejorar la calidad del agua, reducir las inundaciones y servir como zona donde algunas especies se reproducen. El vertido de aguas

tratadas en ríos que se ven afectados por el desvío del agua de su cuenca, pueden aumentar su flujo y mejorar sus condiciones. (Quiñonez & Guerrero, 2004)

- El reúso del agua puede disminuir y prevenir la contaminación: los contaminantes presentes en los efluentes que se descargan en océanos y ríos u otros cuerpos hídricos, se disminuyen cuando se reúsan estas aguas en algunas actividades como el riego agrícola y ornamental, donde los compuestos químicos que podrían ser contaminantes para algunos cuerpos hídricos, serían muy beneficiosos en las actividades de riego, ya que estas aguas proveen una fuente adicional de nitrógeno y aumentan los nutrientes disponibles para la agricultura y a la vez se disminuiría la necesidad de adquirir y utilizar abonos sintéticos. (Quiñonez & Guerrero, 2004)

2.2.5 Viabilidad económica del reúso de agua.

Quiñonez y Guerrero (2004), acotaron que *“el costo del agua reusada, relativo al del agua proveniente de otras fuentes determinará cuánta agua reusada se producirá en cada región del planeta. Los costos dependen de la cantidad disponible de agua tratada, la demanda que haya para el agua tratada, el tipo de uso que se le quiera dar al agua reusada y la cercanía de las plantas de reciclaje del agua a los consumidores del agua reusada”*.

2.2.6 Calidad del agua reusada.

Para Quiñonez y Guerrero (2004), el reúso potencial que tendrán las aguas residuales tratadas se verá afectado por su calidad, y la aceptación que tenga por la población dependerá en que esta se sienta segura y confiada al utilizar el agua reciclada. Existe una percepción de riesgo sobre el reúso del agua tratada que depende de los siguientes cuatro factores fundamentales de calidad del agua:

- La calidad microbiológica del agua reusada
- La salinidad
- La presencia de metales pesados tóxicos
- La concentración de sustancias orgánicas e inorgánicas estables

Estos factores pueden restringir el reúso que se le quiera dar al agua tratada, tal es el caso de la salinidad del agua reciclada, cuya elevación en estas aguas es perjudicial, limitando su utilidad en proyectos de riego de productos agrícolas. La salinidad del agua aumenta a medida que el agua se utiliza, al disolverse iones que permanecen en solución en cada ciclo de uso. Si no se hace uso de una tecnología de tratamiento para eliminar estas sales, como la ósmosis inversa, habrá un límite de las veces que se podrá reciclar las aguas tratadas (p 27).

2.2.7 Marco legal de aguas residuales.

La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), es una entidad pública del Perú que se encarga de regular, supervisar y fiscalizar el mercado de servicios de agua potable. La participación del sector privado se ve promovida y concedida por el Estado, enmarcado en la Ley General de Servicios de Saneamiento, Ley N° 26338 y su Reglamento (FONAM, 2010).

FONAM, 2010, hace una breve descripción de las funciones de las principales entidades públicas involucradas:

- Ministerio del Ambiente (MINAM): creado mediante el Decreto Legislativo Nro. 1013 el 14 de mayo del 2008, encargada de asegurar el cumplimiento del mandato constitucional sobre la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, la diversidad biológica y áreas naturales protegidas y el desarrollo sostenible de la amazonia. Revierte procesos negativos para la conservación del medio ambiente y los recursos naturales, además de prevenirlos de alteraciones desfavorables.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA): organismo encargado de formular la política y estrategia nacional de recursos hídricos, administrar y formalizar los derechos de uso de agua, asegurando un aprovechamiento multisectorial y sostenible de este recurso hídrico por cuencas hidrográficas, enmarcado en la gestión integrada de los recursos naturales y la gestión de la calidad ambiental nacional estableciendo alianzas estratégicas con gobiernos regionales, locales y el

conjunto de actores sociales y económicos involucrados en la gestión integrada y multisectorial de los recursos hídricos.

- Ministerio de Agricultura (MINAG): concede licencias para el uso de aguas residuales y de aguas superficiales y subterráneas.
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF): aprueba los presupuestos solicitados de EPS y SUNASS.
- Ministerio de la Producción: regula la calidad de las descargas industriales en los sistemas de desagüe.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento: como responsable del sector saneamiento, se encarga de establecer políticas y promover el desarrollo, además regula los estándares de diseño y las especificaciones técnicas de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales según el Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS): organismo público cuya función es normar, regular, supervisar y fiscalizar la prestación de los servicios de saneamiento en el Perú. Establece las condiciones generales y fiscaliza el cumplimiento de la tarifa fija de la prestación de servicio, asegurando al usuario un servicio de saneamiento con las mejores condiciones de calidad. Supervisa las EPS urbanas que se encuentran registradas, pero no supervisa las llamadas JASS (Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento).
- Ministerio de Salud (MINSA): como responsable del área de salud en nuestro país, vigila la calidad del agua destinada para el consumo humano y para vertimientos y aprueba proyectos de plantas de tratamiento de agua potable y de aguas residuales. Por medio de la Dirección General de Salud (DIGESA), formula políticas y dicta normas de calidad sanitaria y protección ambiental.

La Tabla 2.3 muestra el resumen del marco legal en el Perú, para el sector saneamiento.

Tabla 2.3. Marco Legal y Normativo

Constitución Política del Perú	31/10/1993	Base del ordenamiento jurídico nacional.
Ley de Reforma sobre Descentralización	Ley N° 27680	Las municipalidades promueven, apoyan y reglamentan la participación vecinal en el desarrollo local.
Ley General de Salud	Ley N° 26842	El abastecimiento del agua, alcantarillado, disposición de excretas, reúso de aguas servidas y disposición de residuos sólidos quedan sujetos a las disposiciones que dicta la Autoridad de Salud competente, la que vigilara su cumplimiento.
Ley General del Ambiente	Ley N° 28611	El estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de reutilización considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria de reúso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizan.
Aprueban los ECA para Agua	Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM	Aprueban estándares de calidad ambiental para agua publicado en el Diario El Peruano el 31 de Junio de 2008.
Aprueban disposiciones para la implementación de los ECAs para Agua	Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM	Aprueban disposiciones para la implementación de los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua. A partir del 01 de Abril del 2010.
Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR Domésticas o Municipales	Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM	Cumplimiento de los límites máximos permisibles de PTAR.
Modifican los ECAs para agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación	Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM	Modifican los estándares nacionales de calidad ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación.
Ley Marco para la Inversión Privada	D.L. N° 757	Garantiza la libre iniciativa y las inversiones privadas en todos los sectores de la actividad económica y en cualquiera de las formas empresariales o contractuales permitidas por la Constitución y las Leyes.
Ley Orgánica de Gobiernos Regionales	Ley N° 27902	Regula la participación de los Alcaldes Provinciales y la Sociedad Civil en los Gobiernos Regionales y fortalecer el proceso de Descentralización y Regionalización

Ley de Creación, Organización y Funciones del MINAM	D.L. N° 1013	Crea el Ministerio del Ambiente y establece su ámbito sectorial, y regula la estructura orgánica, competencias y funciones del mismo.
Ley Orgánica de Municipalidades	Ley N° 27972	Establece normas sobre la creación, origen, naturaleza, autonomía, organización, finalidad, tipos, competencias, clasificación y régimen económico de las municipalidades.
Ley del Procedimiento Administrativo General	Ley N° 27444	Regula las actuaciones de la función administrativa del Estado y el procedimiento administrativo común desarrollados en las entidades.
Ley de Recursos Hídricos	Ley N° 29338 (2009)	Regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta.
Resolución Jefatural N°0291-2009-ANA	R.J. N° 0291-2009-ANA	Disposiciones referidas al otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y de reúsos de aguas residuales tratadas.
Resolución Jefatural N°0351-2009-ANA	R.J. N° 0351-2009-ANA	Modifican R.J. N° 0291-2009-ANA referente al otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y reúsos de aguas residuales tratadas.
Aprobación del TUPA del MINSA y sus Órganos Desconcentrados	Decreto Supremo N° 013-2009-SA	Unifica y estandariza los procedimientos administrativos que se siguen antes las distintas instancias del MINSA, sus órganos desconcentrados y organismos públicos descentralizados.
Ley del Sistema Nacional de evaluación del impacto ambiental	Ley N° 27446	Creación del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA) y establecimiento de un proceso uniforme que comprenda los requerimientos, etapas, y alcances de las evaluaciones del impacto ambiental de proyectos de inversión.
Ley General de Servicios de Saneamiento y su Texto único	Ley N° 26338	Regula la prestación de los servicios de saneamiento en los ámbitos rural y urbano.
Código Penal	D. Leg. N° 635 (03-04-91)	Concreta los postulados de la moderna política criminal, sentando la premisa que el Derecho Penal es la garantía para la viabilidad posible en un ordenamiento social y democrático de derecho.
Norma procesal penal ambiental	Ley N° 26631	Para efecto de formalizar denuncia de la legislación ambiental.

Modificado de: FONAM, 2010.

3. METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN

3.1 METODOLOGIA

La Tabla 3.1 muestra la identificación y operacionalización de las variables que describen la presente investigación.

Tabla 3.1. Identificación y operacionalización de las variables

Denominación	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador
Variable Dependiente			
Agua tratada para reúso en áreas verdes	Al utilizar el agua tratada se aumentan los nutrientes disponibles para el riego de áreas verdes.	Se realizará un cálculo matemático de los principales parámetros que definen la calidad del agua a partir del rediseño propuesto.	-Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) -Demanda Química de Oxígeno (DQO) -Sólidos suspendidos
Variable Independiente: Rediseño			
Diagnóstico de planta	Procedimiento ordenado, sistemático, para conocer de manera clara la situación de una planta, a partir de observaciones y datos concretos.	Se aplicará para conocer la situación actual de la planta, con respecto a las especialidades de carácter importante.	Estado de la siguientes especialidades: -Civil -Mecánica
Procesos de mejora	Cambios necesarios en un determinado proceso que permite mejorar algún indicador de rendimiento.	Se identificarán los procesos a mejorar evaluando su eficiencia en base al diagnóstico.	Eficiencia del proceso
Características técnicas	Es aquella información que es propia de un equipo y que lo define como tal.	Se determinarán las características técnicas del rediseño en base a investigaciones y normas existentes como la norma técnica OS.090	Características técnicas de los procesos

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo Descriptiva, porque se observará el estado actual de la planta y se describirá cada proceso con la recopilación de la información de las variables en estudio, sin influenciar en ninguno de ellos.

3.3 EL MODELO TEÓRICO

El modelo teórico para el rediseño de la planta se sustenta en las características técnicas establecidas en investigaciones y normas, como la norma OS.090 (norma técnica de edificación de plantas de tratamiento de aguas residuales).

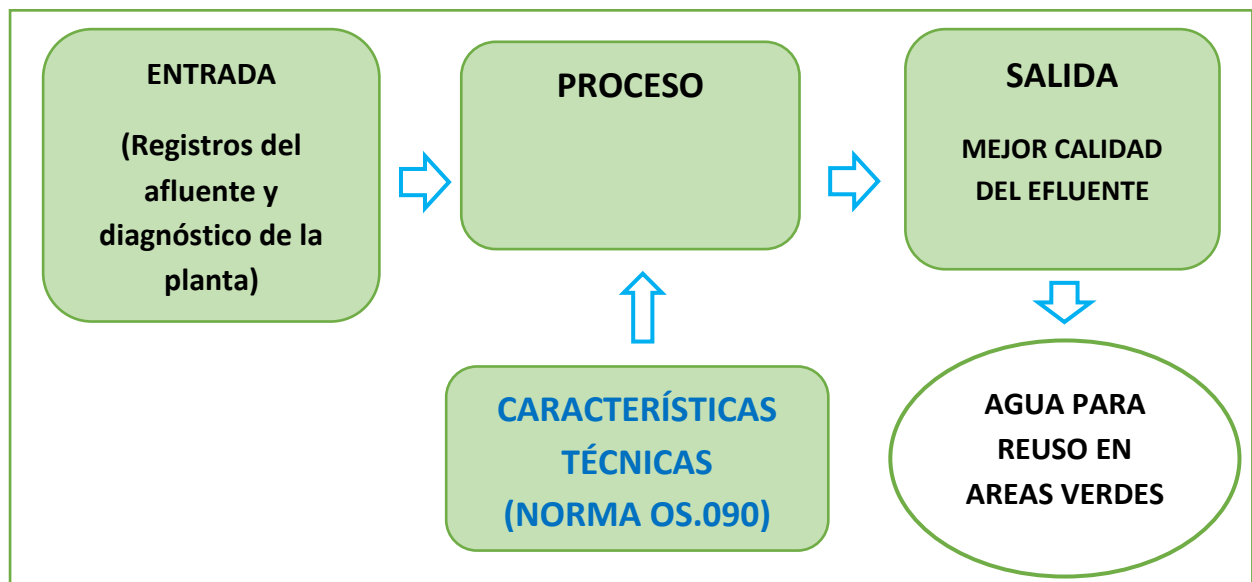


Figura 3.1. Enfoque del proceso para la elaboración del rediseño de la planta.

3.4 EL DISEÑO DE LA INVESTIGACION

La investigación tiene un diseño de carácter no experimental, porque recoge la información tal y como está, sin manipulación de la variable. Asimismo, es transversal ya que es el diseño de investigación que recolecta datos de un solo momento y en un tiempo determinado.

3.5 MÉTODOS E INSTRUMENTO DE LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para desarrollar la presente investigación se utilizó la técnica de observación en cada uno de los procesos que conforman la planta de tratamiento; haciendo un recorrido por toda la instalación de la planta observando principalmente el aspecto civil y mecánico, con el fin de evaluar la eficiencia de cada proceso e identificar algunas falencias; así mismo se prosiguió con el análisis documental del área de medio ambiente para reconocer todo el proceso de tratamiento de las aguas residuales y determinar de esta manera el diagnóstico actual de la planta.

3.6 POBLACIÓN Y MUESTREO

Dada la naturaleza del estudio se tomó como población a los 6 procesos que integran el tratamiento de las aguas residuales en la PTAR.

Se realizó la observación del 100% de todos los procesos que conforman el sistema de tratamiento en vista de que fue accesible en su totalidad, tal como se muestra en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Distribución de la población.

PROCESO	Nº DE PROCESOS
PRETRATAMIENTO (CRIBADO)	1
SEDIMENTACION	1
ESTABILIZACION	1
MEZCLADO (FLOCULACION)	1
FILTRAJE COALESCENTE	1
FILTRO GRAVA	1
TOTAL	6

Fuente: Elaboración propia

3.7 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Se utilizó el software AutoCAD para la revisión y análisis del diseño de cada proceso plasmado en planos, además se utilizó para rediseñar los procesos mejorados de la planta. También se empleó la herramienta ofimática Word de Microsoft para analizar los documentos que detallaban los procesos de tratamiento.

4. DIAGNOSTICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DEL AGUA AFLUENTE DEL SISTEMA

La planta de tratamiento fue diseñada para depurar un agua afluyente con los siguientes parámetros que se indican en la Tabla 4.1 que se determinaron a través de un análisis físico – químico y microbiológico; éste último para obtener la cantidad de los coliformes fecales:

Tabla 4.1. Parámetros del agua residual afluyente.

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
PH	-	7.9
Temperatura	°C	21.8
Solidos suspendidos totales	mg/L	311.0
Aceites y grasas	mg/L	88.5
DBO5	mg/L	2549.1
DQO	mg/L	868.41
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1.4×10^2

Fuente: Adaptado del anexo 1: Análisis del agua residual

El volumen de agua residual ingresante a la planta de tratamiento se determina haciendo un cálculo de la cantidad de las aguas generada por la empresa y las que provienen de sus servicios de recojo de agua residual.

Agua residual generada por la empresa: estas aguas son las que resultan luego de ser utilizadas para actividades de lavado de vehículos y el uso de los SS.HH. Las primeras aguas van directamente a un pozo pequeño durante la actividad de lavado, donde se almacenan temporalmente para luego ser trasladadas a la planta; y las segundas, provenientes de los SS.HH., se almacenan inicialmente en una poza séptica para su posterior traslado a la planta.

Tabla 4.2. Agua residual generada por la empresa.

AGUA RESIDUAL GENERADA	UNIDAD	CANTIDAD
Agua de lavado de vehículos al día	m ³	10
Total de agua de lavado al año	m ³	3600
Agua de SS.HH		
Personas que laboran	colaboradores	60
Producción per cápita promedio	Litros	50
Total de agua de SS.HH al día	m ³	3
Total de agua de SS.HH al año	m ³	1080
Total de agua generada al año	m³	4680

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.2 se detalla la cantidad de aguas generadas por el uso de los servicios higiénicos en función de la producción per cápita promedio de cada colaborador, de donde se calcula el total de agua generada de SS.HH. al día haciendo la siguiente operación:

N° de colaboradores : 60

Producción per cápita de agua : 50 litros / colaborador

Total de agua de SS.HH. al día = N° de colaboradores * Producción per cápita de agua

Total de agua de SS.HH. al día = 60 colaboradores * 50 litros/ colaborador

Total de agua de SS.HH. al día = 3000 litros

Se hace la conversión de litros a m³:

1 m³ = 1000 litros

Total de agua de SS.HH al día = 3000 litros * $\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}}$

Total de agua de SS.HH. al día = 3 m³

Agua residual proveniente de servicio: estas aguas son las que provienen del servicio de recojo de aguas residuales que realiza la empresa a sus clientes. Para este servicio la empresa cuenta con cisternas que pueden almacenar y transportar 9000 galones de estas aguas, con destino a la planta de tratamiento.

Tabla 4.3. Agua residual proveniente de servicio

AGUA RESIDUAL DE SERVICIO	UNIDAD	CANTIDAD
Número de viajes de cisterna al mes	Unidad	20
Capacidad de cisterna	Galones	9000
Total de agua de servicio al mes	m ³	681.37
Total de agua de servicio al año	m³	8176.44

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.3 se detalla la cantidad de aguas provenientes de servicios en función del número de viajes de cisternas que se encargan del recojo de estas aguas y de la capacidad de éstas para trasladar determinados volúmenes, así se puede hacer un cálculo total mensual de estas aguas haciendo la siguiente operación:

Nº de viajes de cisterna al mes : 20

Capacidad de cisterna : 9000 galones (galón estadounidense)

Total de agua de servicio al mes = Nº de viajes de cisterna al mes * Capacidad de cisterna

Total de agua de servicio al mes = 20 cisternas * 9000 galones / cisterna

Total de agua de servicio al mes = 180 000 galones

Se hace la conversión de galones a m³:

1 galón (estadounidense) = 0,00378541 m³

Total de agua de servicio al mes = 180 000 galones * $\frac{0,00378541 \text{ m}^3}{1 \text{ galon}}$

Total de agua de servicio al mes = 681.37 m³

En la Tabla 4.4 se muestra la cantidad total de agua residual que ingresa a la planta de tratamiento durante todo el año:

Tabla 4.4. Total de agua residual ingresante a la planta.

AGUA RESIDUAL	UNIDAD	CANTIDAD
Agua residual generada al año	m ³	4680
Agua residual de servicio al año	m ³	8176.44
Total de agua residual al año	m³	12856.44

Fuente: Elaboración propia

4.2. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO SEGÚN DISEÑO

4.2.1 Información general de la planta de tratamiento

La planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa JOSCAN SA se ubica en la Mz. J lote 4 III etapa zona industrial-Piura, en el nuevo distrito “26 de Octubre”; sus coordenadas geográficas son: Latitud 5°10'26.42"; Longitud 80°40'5.10"; con una elevación promedio de 29 m.s.n.m. La figura 4.1 muestra la ubicación satelital de la empresa



Figura 4.1. Fotografía geográfica de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – Joscana.

4.2.2 Descripción del sistema de tratamiento según diseño

El abastecimiento de las aguas residuales, son derivadas hacia la planta de tratamiento; cuyo sistema consiste en una secuencia de procesos de depuración (figura 4.2), los que se pueden clasificar en las siguientes fases de tratamiento:

- Cribado
- Sedimentación
- Estabilización
- Mezclado
- Filtro Coalescente
- Filtro Grava

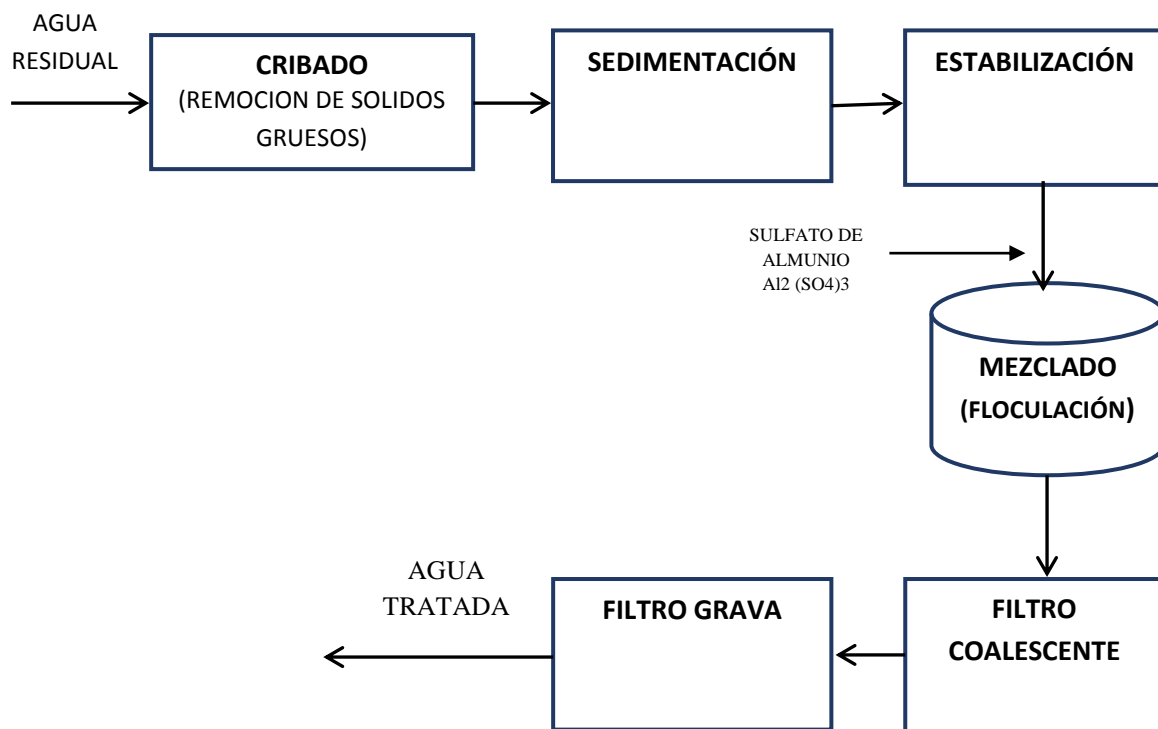


Figura 4.2. Diagrama de bloques del tratamiento de agua residual según diseño

Fuente: Elaboración propia

Cribado

Las aguas residuales generadas por la empresa, producto de los SSHH, duchas, lavado de vehículos, comedor, entre otros, así como los provenientes de los servicios de recojo de aguas residuales a otras empresas, son trasladadas desde la poza de recepción o poza séptica donde se depositan y almacenan inicialmente estas aguas, hasta la planta de tratamiento, pasando inicialmente por el pretratamiento de cribado para retener los posibles residuos de gran tamaño.

Sedimentación

Después de haber pasado el pretratamiento, las aguas residuales inmediatamente se depositan en un estanque de 300 m³ de capacidad; en él se espera eliminar los sólidos en suspensión por medio de un proceso de sedimentación por gravedad, en donde se estabilizan y precipitan el 80% de los sólidos totales del agua residual con un tiempo de residencia o permanencia de 5 días.

Estabilización

El efluente saliente del proceso de sedimentación es llevado al estanque de estabilización de 300 m³, mediante una bomba que aspira el agua desde el estanque de sedimentación para luego impulsarla hasta el estanque de estabilización a través de tuberías. Este proceso se lleva a cabo con el objetivo de seguir eliminando sólidos en suspensión y trazas de sólidos que posiblemente se mezclen con el agua al momento de la transferencia en un proceso de sedimentación por gravedad.

Mezclado

Luego del tiempo de residencia y de acuerdo a la caracterización de control de calidad, las aguas de la parte superior y claras del estanque de estabilización son transferidas hacia el tanque mezclador de 14 m³ de capacidad para el proceso de floculación en un tiempo de 30 minutos. En el recorrido al tanque se le agrega al agua sulfato de aluminio como agente coagulante en una dosificación de 400ppm para desestabilizar los coloides.

Filtro coalescente

El filtro coalescente está compuesto por seis compartimientos; en el primero ingresan las aguas claras provenientes del tanque mezclador que al impactar con una placa deflectora genera turbulencia, produciéndose la decantación de los remanentes de sólidos pesados, mientras que las gotas de grasas de mayores dimensiones se separan y suben a la superficie por efecto de la gravedad. El flujo continúa y pasa por una rejilla de una pulgada de espesor que impide el avance de los sólidos aún presentes.

Finalizado el pase por el compartimiento inicial, el agua residual continúa su recorrido a través de la célula coalescente, en donde el agua pasa por placas que aumentan el área de filtraje, ocasionando que se agrupen las micro gotas de grasas aun presentes que están en suspensión y se unan con las que van subiendo entre las placas para formar los flóculos, formando espuma en la superficie; este proceso de coalescencia también se lleva a cabo en el tercer compartimiento.

El retiro de la espuma se realiza mediante un sistema de recojo de espuma de grasa, en forma de embudo hacia el exterior del tanque principal.

Después de pasar por la segunda célula coalescente, el agua llega a un filtro micrométrico tipo filtro multiporoso de espuma de nylon con doble armazón metálico.

Filtro grava

Como tratamiento final el agua pasa por el filtro grava o filtro vertical con un flujo descendente a través del medio filtrante compuesto por capas de arena, grava y carbón activado donde son retenidos los sólidos en suspensión aun presentes; el agua ya filtrada es almacenada en un tanque acumulador de 24m³.

Después de haber finalizado el tratamiento, el agua es transportada en camiones cisternas para su disposición final.

En la Tabla 4.5 se muestra las características del agua de salida esperada al finalizar el tratamiento:

Tabla 4.5. Parámetros Estándar con las que debe cumplir el Efluente

CARACTERISTICA	UNIDAD	CANTIDAD
DBO	mg / l	<20
Coliformes fecales	NMP / 100ml	<1000
Huevos de helminto	huevo / litro	<1
SST	gr / m ²	<80

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Características técnicas de la planta según diseño

A. Pretratamiento:

Rejilla metálica dispuesta en una canastilla

B. Sistema de sedimentación de aguas residuales:

Capacidad = 300 m³
 Promedio de retención = 5 días
 Tipo de material = concreto armado

C. Sistema de estabilización de aguas residuales:

Capacidad = 300 m³
 Promedio de retención = 15 días
 Tipo de material = concreto armado

D. Sistema de mezclado:

Capacidad = 14 m³
 Tiempo de mezclado = 30 min
 Tipo de material = Acero estructural

E. Filtro coalescente:

Capacidad	=	40 m ³
Tipo de material	=	Acero estructural
Filtro	=	Célula Coalescente de calamina; Espuma de nylon multiporosa

F. Filtro grava:

Capacidad	=	0.54 m ³
Tipo de material	=	Acero estructural
Medio filtrante	=	Arena, Grava y Carbón

G. Tanque acumulador de agua tratada:

Capacidad	=	24 m ³
Tipo de material	=	Acero Estructural

H. Tanque de agua de reserva de sistema contraincendios:

Capacidad	=	30 m ³
Tipo de material	=	Acero Estructural

4.3. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y CONDICIONES ACTUALES

4.3.1. Descripción del sistema de tratamiento que se realiza actualmente

A la fecha, la planta de tratamiento presenta diversos problemas en ciertos procesos, debido a estas deficiencias las aguas residuales reciben el siguiente tratamiento:

Las aguas residuales que se encuentran en la poza de recepción o poza séptica, ya sea ésta de la misma empresa o de los clientes a los cuales se les realiza el servicio de recojo y disposición final de aguas residuales, se recogen mediante camiones cisterna de 9000 galones de capacidad a través de una manguera externa de 4" de diámetro que tiene acoplada

una rejilla para la succión de las aguas; se usa una rejilla para evitar la succión de residuos de gran tamaño. Finalizada la carga, se procede con el traslado hacia la planta de tratamiento, una vez allí, las aguas son descargadas inicialmente al pretratamiento de cribado con un tiempo de descarga de 30 minutos y un caudal de $1.13 \text{ m}^3/\text{min}$, con el fin de remover los sólidos gruesos que pasaron a través de la rejilla de la manguera; después del pase de las aguas por la rejilla del cribado, las aguas son sometidas al tratamiento de sedimentación, para finalmente ser trasladadas para el riego del terreno de propiedad de la empresa.

En la figura 4.3 se muestra la secuencia del tratamiento que se da actualmente a las aguas residuales

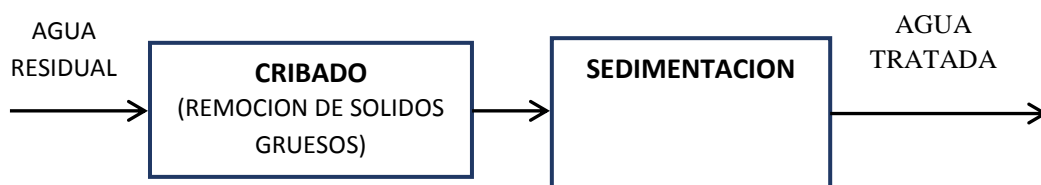


Figura 4.3. Diagrama de bloques del tratamiento actual del agua residual.

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Revisión del Diseño

En el anexo 2 se encuentra el formato check list que se aplicó a los procesos de tratamiento para la revisión del diseño, especialidad civil y mecánica.

En este punto se revisa el diseño de cada proceso, con el objetivo de encontrar algunas mejoras que puedan favorecer el rendimiento.

Se toma como base de información los planos de dibujo de los procesos alcanzados para la presente investigación.

4.3.2.1 Cribado

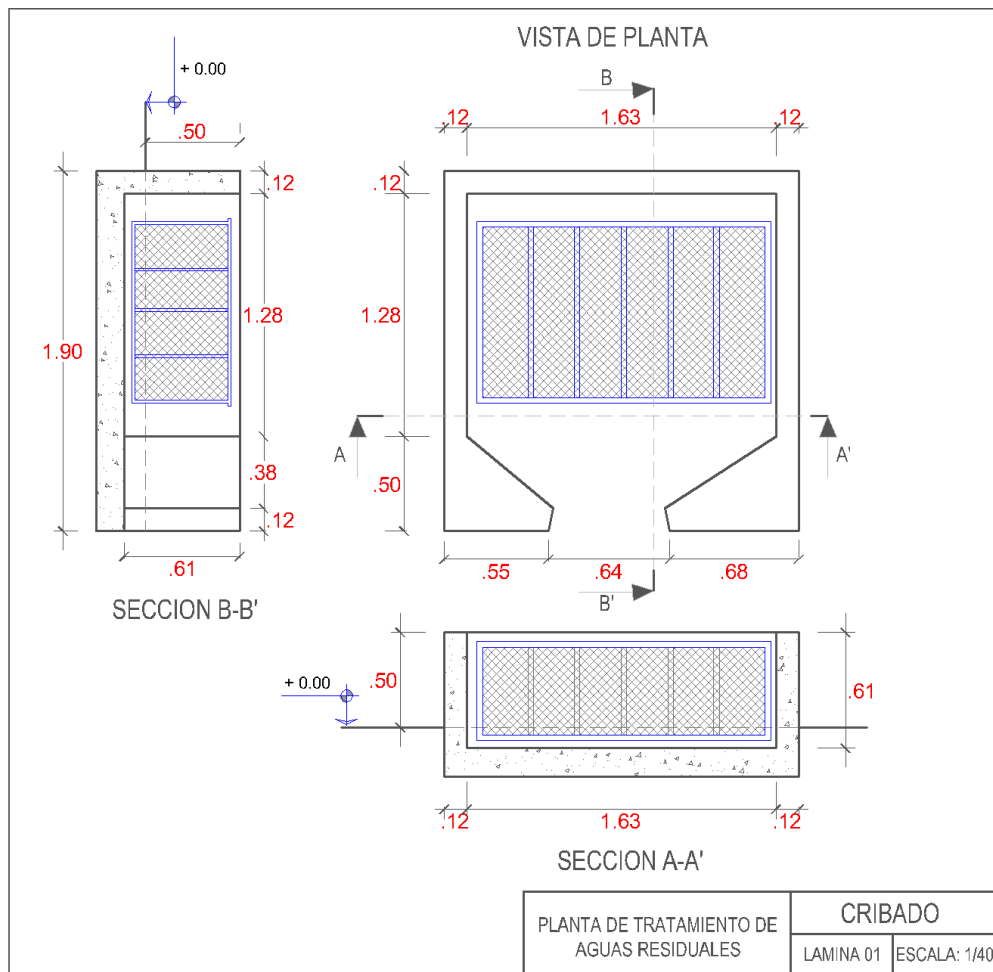


Figura 4.4. Vistas de planta, sección A-A' y sección B-B' del Cribado

Como se muestra en la figura 4.4, las vistas de diseño del pretratamiento de cribado detallan las dimensiones de la estructura de concreto donde se ubica la canastilla forrada con malla metálica encargada de retener los sólidos de gran tamaño.

En la vista de planta y vistas en sección se puede apreciar que esta estructura tiene una salida de agua de 0.64 x 0.11 m, lo que corresponde a un área de 0.0704 m², el cual es adecuado para el correcto pase de agua hacia la siguiente fase del tratamiento; teniendo en cuenta que el área de salida es mayor al área de entrada del agua, esta última corresponde al área circular de la manguera de 4" (0.0081 m²) por donde se descarga el agua residual de la cisterna. El fondo de este proceso está pavimentado con cemento y está a unos 0.11 m debajo del nivel del suelo.

4.3.2.2 Sedimentador

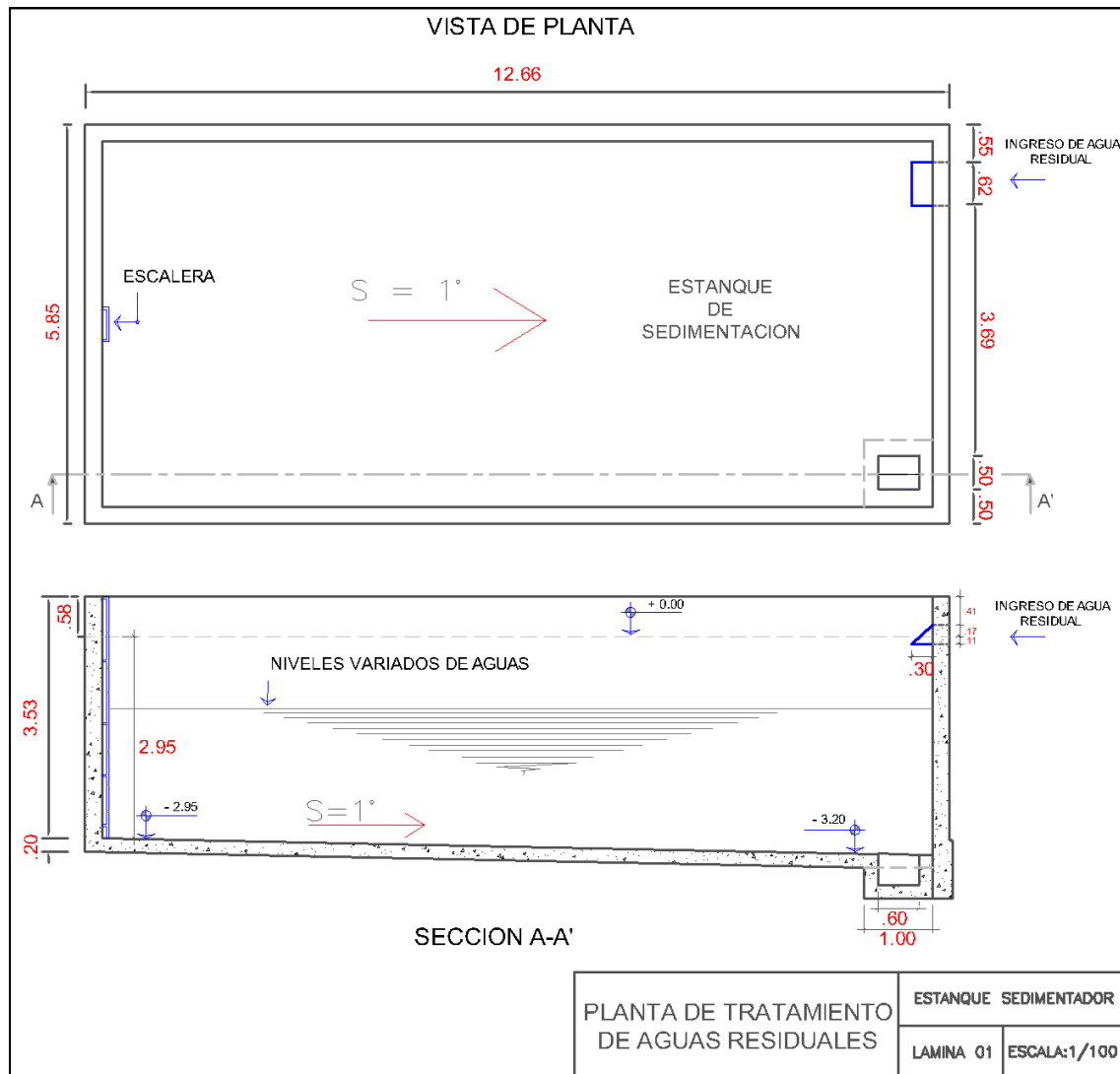


Figura 4.5. Vistas de planta y sección A-A' del estanque de sedimentación.

En la figura 4.5 se muestran la vista de planta del estanque sedimentador que detalla las dimensiones de 12.66 m de largo por 5.85 m de ancho y la vista en sección A-A' donde se puede apreciar la profundidad del estanque por debajo del suelo de 2.95 m, además de una pendiente de inclinación de 1° en el fondo en donde se ubica un noque en el extremo más profundo; esta pendiente es favorable en el tratamiento, debido a que los sólidos sedimentados que se van acumulando en la losa se dirigen hacia el punto donde se encuentra el noque, facilitando el recojo de los lodos en el estanque, por lo que demanda menos tiempo y trabajo físico al momento de realizar el mantenimiento.

4.3.2.3 Estabilización

El estanque del proceso de estabilización tiene las mismas características de diseño que el primer estanque analizado en el punto anterior. Como se muestra en la vista en sección A-A' de la figura 4.6, este estanque también cuenta con una pendiente en el fondo y un noque para la acumulación de los sólidos sedimentados.

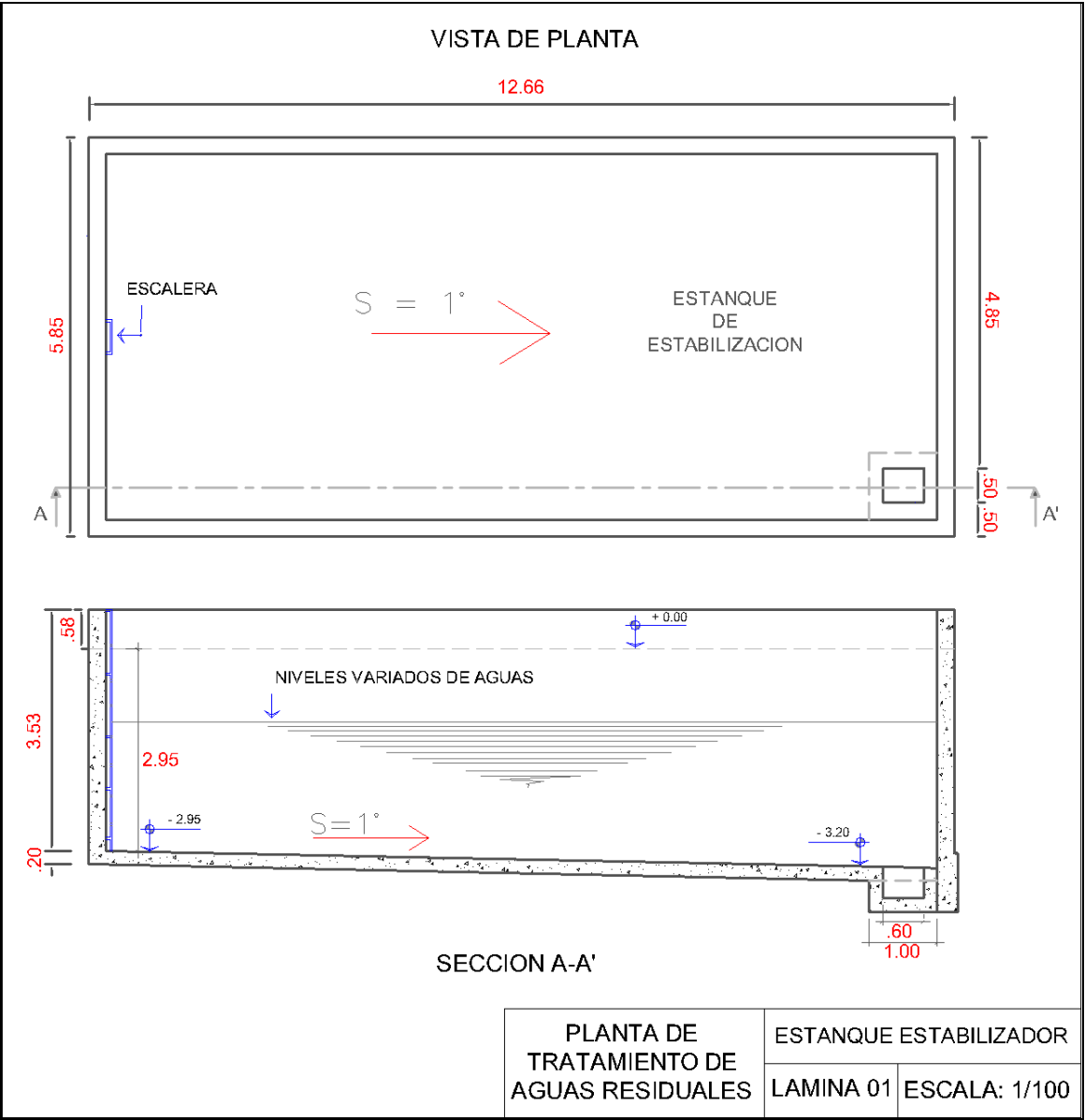


Figura 4.6. Vista de planta y sección A-A' del estanque de estabilización.

4.3.2.4 Tanque mezclador

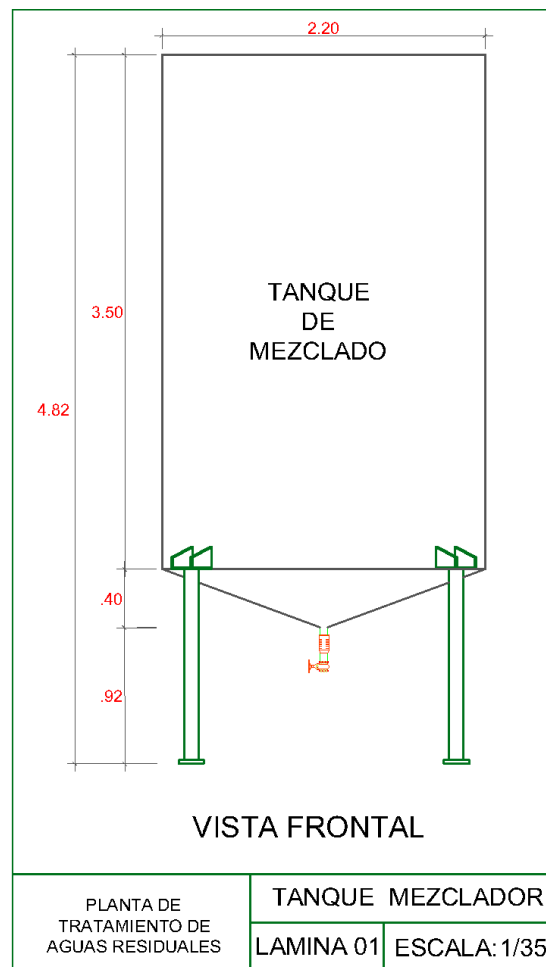


Figura 4.7. Vista frontal del tanque de mezclado

En la figura 4.7 se pueden apreciar las dimensiones del tanque mezclador, así también el diseño cónico que tiene el fondo y la presencia de una válvula de control que facilita la purga de los sólidos sedimentados que se van acumulando en el interior. Este tanque tiene forma cilíndrica y tiene una capacidad de 14 m^3 , pero es vacío en su interior, es decir, carece de algún mecanismo que asegure la circulación del agua para aglomerar los sólidos y acelerar su sedimentación. Una alternativa ante esta falencia es la instalación de un agitador de paletas giratorias dentro del tanque que permita una adecuada agitación.

4.3.2.5 Filtro coalescente

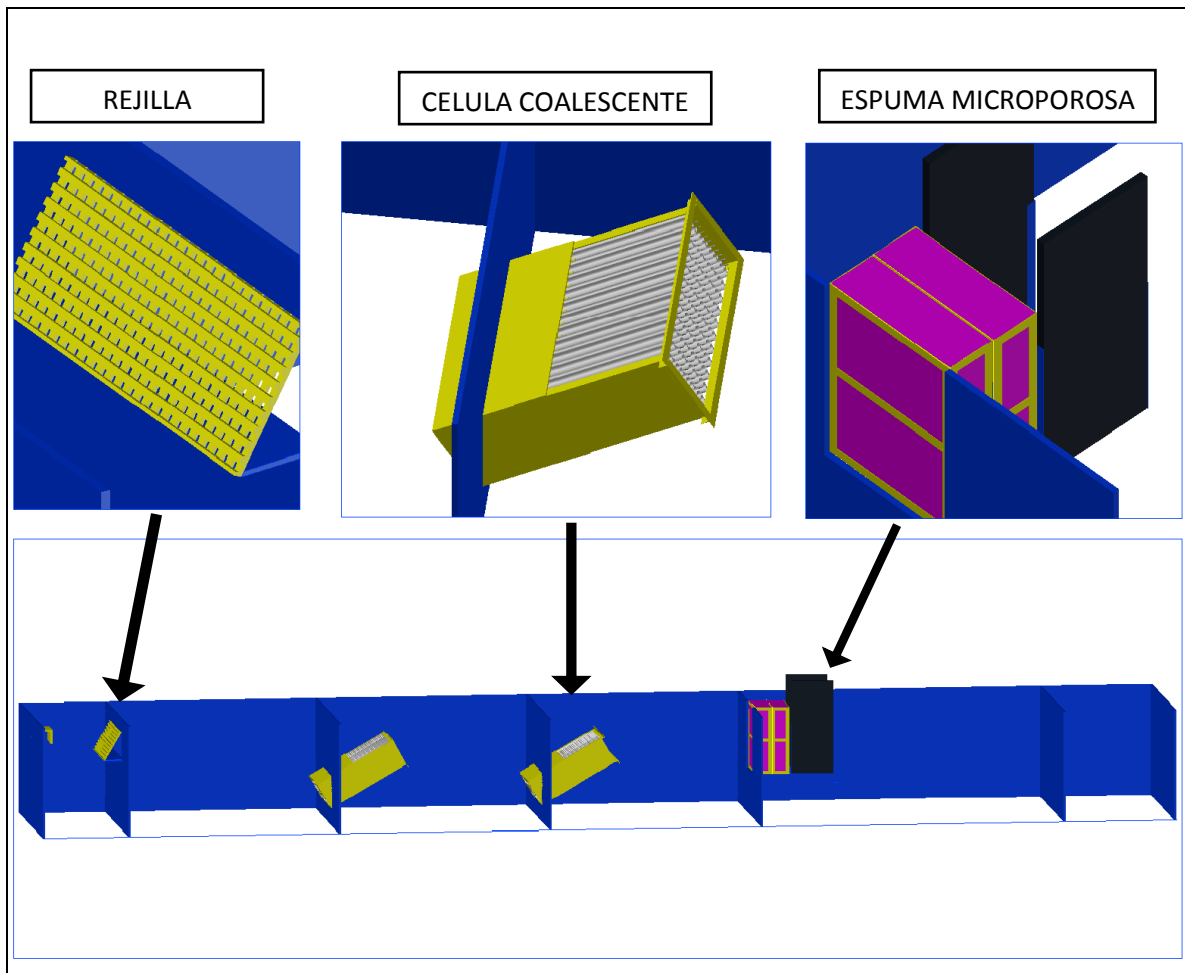


Figura 4.8. Filtro coalescente.

Como se muestra en la figura 4.8, el filtro coalescente tiene como diseño 6 compartimientos separados por 5 placas deflectoras verticales. El primer compartimiento cuenta con una rejilla para retener los sólidos pequeños que posiblemente hayan quedado suspendidos en el agua residual dentro del tanque mezclador; en el compartimiento 3 y 4 se aprecian dos células coalescente por donde pasa el agua proveniente de los compartimientos 2 y 3 respectivamente, esta célula está constituida por 14 piezas de calamina de dimensión 1000 x 816 x 0.3 mm y un ángulo de inclinación 30° con respecto a la horizontal. Finalmente en el quinto compartimiento se encuentran dos filtros de espuma de nylon microporosa de dimensión 0.2 x 0.6 x 0.8 m.

4.3.2.6 Filtro grava

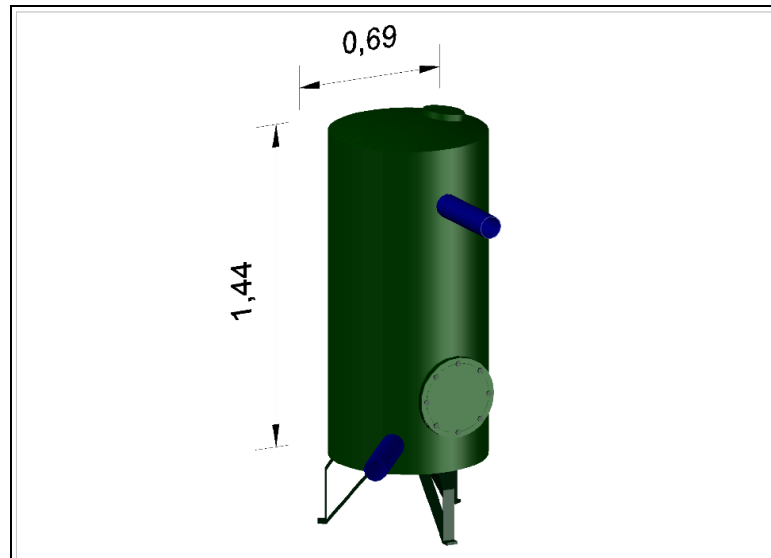


Figura 4.9. Dimensión del filtro grava

Como se muestra en la figura 4.9 el filtro grava es un tanque cilíndrico de 0.69 m de diámetro por 1.44 m de altura y tiene 1 m³ de capacidad. Este tanque tiene una tubería en la parte superior para el ingreso del agua y otra en la parte inferior para la salida del agua ya filtrada, además cuenta con una tapa superior y otra lateral para inspeccionar cuando sea necesario el estado del componente filtrante y en caso se requiera proceder con el lavado del mismo.

4.3.3. Revisión de la especialidad civil

Para la revisión de la especialidad civil y mecánica se hará uso de la técnica de inspección visual.

4.3.3.1 Pretratamiento de cribado

A la estructura del pretratamiento de cribado no se le realiza un adecuado mantenimiento, tal como se aprecia en la figura 4.10 se ve notablemente la presencia de sólidos adheridos en la losa y las paredes laterales que le dan un aspecto oscuro, esto se debe a que sólo se procede con el retiro de los sólidos acumulados en la rejilla del cribado, más no se hace una

limpieza a la estructura, además se observa en la parte izquierda la presencia de una grieta o fisura estructural en la base de aproximadamente 2 mm de espesor y una fisura superficial en el acabado de la pared, los que se señalan con flechas amarillas en la figura; siendo de importancia la grieta presente en la base, ya que no darle una pronta solución podría traer consigo el deterioro de la pared.



Figura 4.10. Estado de la estructura del cribado.

4.3.3.2 Estanques

Estanque de sedimentación

La figura 4.11 muestra las condiciones desfavorables en el que se encuentra el estanque de sedimentación debido a la falta de mantenimiento. La retención de las aguas residuales por un periodo de 5 días para disminuir los sólidos sedimentables, ha acumulado tras varios ciclos de tratamiento, materia orgánica y no orgánica proveniente de estas aguas, que se han adherido a los muros fácilmente gracias a la falta de limpieza. Cabe mencionar que el estanque no presenta fallas estructurales.



Figura 4.11. Estado del estanque de sedimentación.

Estanque de estabilización

El estanque de estabilización se encuentra en óptimas condiciones, no presenta residuos adheridos a las paredes laterales como se muestra en la figura 4.12, esto debido a que las aguas residuales presentan menos sólidos suspendidos después de haber pasado la etapa de sedimentación. La estructura de este estanque tampoco presenta inconvenientes.



Figura 4.12. Estado del estanque de estabilización.

4.3.4. Revisión de la especialidad mecánica

4.3.4.1 Bombas

En la instalación de la PTAR se encuentra una bomba de 1 HP que cumple la función de trasladar el agua desde el último compartimiento del filtro coalescente hasta el filtro grava (figura 4.13); esta bomba está fuera de funcionamiento, por lo que es necesario el respectivo mantenimiento y reparación. Por otro lado, para cumplir con el paso de las aguas por todo el sistema de tratamiento, hace falta bombas que cumplan con las siguientes funciones:

- 1 bomba 3 HP : para el traslado del agua desde el estanque de sedimentación hasta el estanque de estabilización.
- 1 bomba 1 HP : para el traslado del agua desde el estanque de estabilización hasta el tanque mezclador.
- 1 bomba 1 HP : para el traslado del agua desde el tanque mezclador hasta el filtro coalescente.

La bomba que se necesita para transferir las aguas hacia el estanque estabilizador tiene que brindar un buen caudal de transferencia que permita pasar los casi 300 m³ del agua tratada del sedimentador en el menor tiempo posible. Otro dato importante es que esta bomba prácticamente sólo realizará el trabajo de succión del agua, pero no hará trabajos de elevación de la misma, ya que ambos estanques están al mismo nivel, por lo que se aprovecharía al máximo el caudal de transferencia. A consecuencia, una bomba centrífuga de 3 HP de alto caudal bastará para cumplir con esta tarea; esta bomba puede llegar a transferir un caudal de hasta 1000 L/min y tiene una capacidad de succión de hasta 7 metros de profundidad. Así mismo, para el traslado del agua hacia el tanque mezclador y hacia el filtro coalescente, bastará en ambos casos una bomba centrífuga de alto caudal de 1 HP y 300 L/min de transferencia para cumplir con el pase de agua a una baja elevación.



Figura 4.13. Bomba para el traslado del agua al filtro grava

4.3.4.2 Pailería

En este punto se revisa el estado, operatividad y funcionalidad de tuberías, estructuras metálicas como tanques u otros elementos que provengan de la unión de piezas metálicas, así como los soportes que sirvan de apoyo para la instalación de tuberías, tanques, bombas, etc.

4.3.4.2.1 Tuberías

La planta de tratamiento cuenta con tuberías galvanizadas pintadas de color verde para cumplir con las normas de señalización. Estas tuberías se encuentran en buenas condiciones y están presentes a partir del proceso de sedimentación, asegurando el paso de las aguas residuales por el estanque de estabilización, tanque mezclador, filtro coalescente, filtro grava, hasta llegar al tanque acumulador de agua tratada.

4.3.4.2.2 Tanque mezclador

La estructura metálica del tanque mezclador no presenta fisuras ni grietas y los cordones de soldadura que unen a las láminas del tanque se encuentran en buen estado, por lo que su capacidad de resistencia de carga no se ve afectada, además como se muestra en la figura 4.14 no hay presencia de manchas ni corrosión alrededor del tanque. La pintura de

recubrimiento está en óptimas condiciones, no obstante hay adherencia de polvo a ésta debido a la falta de mantenimiento. Los soportes del tanque también se encuentran en buen estado, no presentan fisuras ni corrosión. Con respecto a sus elementos, la válvula de purgado de lodos que se ubica externamente en el fondo del tanque se encuentra deteriorada, siendo necesaria la reparación de la misma o sustituirla por otra.



Figura 4.14. Estado del tanque mezclador.

4.3.4.2.3 Filtro coalescente

La planta de tratamiento cuenta con un sistema de filtro coalescente para separar los sólidos pequeños y los aceites y grasas que aún se encuentran en el agua residual. La estructura metálica de este sistema filtrante no presenta fisuras, grietas ni corrosión, además la pintura de recubrimiento se encuentra en buenas condiciones, sin embargo, urge el mantenimiento de sus compartimientos para retirar los sólidos presentes y corregir el problema presente en las células coalescentes.

Célula coalescente

Este filtro cuenta con doble célula coalescente y cada una está conformada por 14 piezas de calamina galvanizada cortadas en forma rectangular de la misma dimensión, las cuales tienen la función como ya se mencionó, separar las grasas y aceites del agua, sin embargo el

material de esta célula no es la adecuada debido a que la calamina en contacto con el agua se oxida como se aprecia en la figura 4.15, desprendiendo óxido férrico que fácilmente se podría mezclar con el agua dándole una apariencia rojiza o marrón.



Figura 4.15. Estado de la Célula coalescente.

4.3.4.2.4 Filtro Grava

Como se muestra en la figura 4.16, el filtro presenta un buen estado de conservación, no se aprecian fisuras en el cuerpo del filtro y la pintura de recubrimiento se mantiene en buenas condiciones, además no hay indicios de corrosión, sólo presenta suciedad debido a la falta de limpieza.



Figura 4.16. Estado del filtro grava.

5. REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

5.1 PRETRATAMIENTO

Según la Norma Técnica de edificación de plantas de tratamiento de aguas residuales OS.090, menciona que aun en las plantas de tratamiento más simples, se debe implementar las cribas.

La PTAR en estudio cuenta con el pretratamiento de cribado cuyas características no se adecuan necesariamente a la norma en mención, pero cumplen con la principal función de retener los sólidos que llegan con el agua residual sin ningún problema; por lo que para este proceso no será necesario modificar su diseño, considerando que es dable el retiro de la rejilla para sacar los sólidos atrapados en ella, permitiendo que ésta no se obstruya a causa de los sólidos acumulados; esto es gracias a que el ingreso del agua a la PTAR no es continuo y el caudal con el que ingresa siempre será el mismo, ya que el agua residual ingresante a este proceso proviene de las descargas de las cisternas, las mismas que realizan un total de 20 viajes al mes por servicio, tal como se detalla en la tabla 2.3.

Debido a que la llegada del agua residual no es continua en la PTAR, facilita el mantenimiento de los procesos, los que se aprovecharían en realizar en los tiempos o incluso en los días donde no hay ingreso de agua residual, sin embargo como se muestra en la figura 4.10 no se realiza un adecuado mantenimiento al cribado, ya que se aprecia una grieta y fisura en la pared del lado izquierdo de la infraestructura y algunos residuos en el pavimento. Es por ello que se debe indicar que al retiro de los sólidos retenidos en la rejilla del cribado, también se haga una limpieza manual a la infraestructura para evitar que éstos se acumulen en las paredes o que en la siguiente descarga la fuerza del caudal del agua arrastre estos sólidos aun presentes y lleguen a la siguiente etapa de tratamiento.

En el anexo 3 se sugieren algunos pasos para la reparación de la grieta de la infraestructura del cribado.

5.2 SEDIMENTADOR

Según las características de funcionamiento del sedimentador de la PTAR, éste no sólo cumple con la función de sedimentar los sólidos en suspensión hacia el fondo del estanque; al tener por 5 días de residencia a las aguas residuales también elimina parte de la materia orgánica en condiciones anaerobias; por lo consiguiente este proceso se adecua a una laguna anaerobia según la norma técnica OS 090.

A continuación se mencionan algunas recomendaciones para el uso de lagunas anaerobias para el tratamiento de aguas residuales según la norma técnica OS 090.

Periodo de retención nominal de 1 a 5 días.

Profundidad entre 2.5 y 5 m.

No es recomendable el uso de lagunas anaerobias para temperaturas menores a 15 °C.

Es necesario el tratamiento adicional para alcanzar el grado de tratamiento requerido.

Según la figura 4.5 indica que la profundidad del estanque de este proceso es de 2.90 m con un grado de inclinación en el fondo de 1°; sumado al tiempo de retención de 5 días, y al clima cálido de la ciudad de Piura, se cumple con los puntos básicos recomendados por la norma para usar este tipo de tratamiento. Así mismo, partiendo que estas lagunas anaerobias son de construcciones simples, no será necesario hacer modificaciones en su diseño dado que básicamente cumple con las características requeridas por la norma.

Sin embargo, se recomienda retirar los sólidos adheridos a las paredes del estanque, así mismo hacerlo de manera periódica o cuando las circunstancias lo requieran para mantenerlo en condiciones adecuadas.

5.3 ESTABILIZACIÓN

El diseño del estanque de estabilización tiene las mismas características que el estanque primario correspondiente al de la laguna anaerobia. Aprovechando que gran parte de los sólidos sedimentables de las aguas residuales se reducen en la laguna anaerobia, al igual que

la DBO, las condiciones para que se produzcan los procesos de degradación de la materia orgánica que se dan en las lagunas facultativas son factibles para este estanque. Así las características que presenta este estanque cumplen con lo recomendado en la norma OS 090 para lagunas facultativas,

A continuación se mencionan algunos puntos recomendados por la norma OS 090 para lagunas facultativas:

Su ubicación puede ser como unidad secundaria después de lagunas anaerobias o airadas para mejorar la calidad del efluente aun grado mayor.

La profundidad de este tipo de lagunas debe ser mayor a 1,5 m para evitar el crecimiento de plantas acuáticas en el fondo

Para este tipo de lagunas se recomiendan formas alargadas, con una relación de largo-ancho mínima de 2.

Este estanque de estabilización tiene 2.9 m de profundidad al igual que el estanque primario y la relación largo-ancho es de 2.16 como se detalla en la siguiente expresión:

Largo del estanque (L): 12.66 m

Ancho del estanque (A): 5.85 m

$$\text{Relación largo-ancho} = \frac{\text{Largo del estanque}}{\text{Ancho del estanque}} = \frac{12.66}{5.85} = 2.16$$

En este proceso, tampoco será necesario hacer modificaciones en su diseño ya que cumple con los puntos recomendados por la norma en mención.

5.4 TANQUE DE MEZCLADO

El objetivo de un tanque mezclador o agitador es formar los flóculos a partir de los coloides desestabilizados con la coagulación, para ello en el interior del tanque se deben aglomerar los flóculos pequeños para formar flóculos más grandes que puedan precipitarse, de lo contrario sólo se tendrán flóculos cuya dimensión es tan pequeña que aún queden suspendidos en el agua. Para que se pueda llevar a cabo una correcta floculación se tiene que rediseñar el tanque de mezclado para asegurar las condiciones necesarias que requiere el proceso.

El rediseño del tanque mezclador propone considerar un agitador mecánico en su diseño. Este mecanismo permitirá una adecuada agitación para la aglomeración de los flóculos mediante la circulación del agua.

El agitador se ubica sobre un eje suspendido que mayormente está sostenido en la parte superior del tanque. Este eje es accionado por un motor que por lo general va conectado mediante un reductor o caja reductora de velocidad al eje o en algunos casos se encuentra conectado directamente a éste. El agitador en movimiento provoca que el fluido circule alrededor del tanque (Mc Cabe, Smith, & Harriot, 2007).

En la figura 5.1 se muestra una representación gráfica típica de un tanque agitador, en ella se detallan algunas variables que se tienen que tener en cuenta al momento de diseñar el agitador: Diámetro del tanque (D_t), Diámetro del impulsor (D_a), altura del fluido (H), distancia desde el impulsor hasta el fondo del tanque.

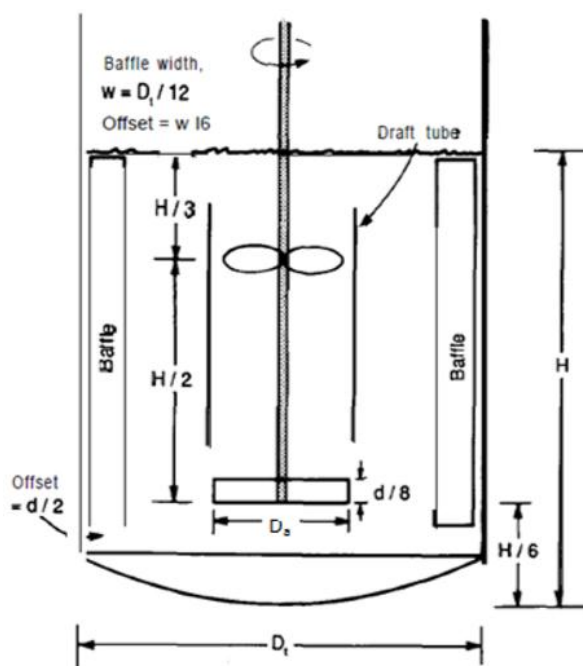


Figura 5.1. Diseño típico de un tanque agitador

Fuente: Chemical Process Equipment – Selection and Design (Walas, 1990) citado en Luna y Salas, (2016)

5.4.1 Tipo de agitador elegido

Para empezar a desarrollar la propuesta de rediseño del tanque agitador se necesita elegir el tipo de agitador que cumpla con el proceso de floculación en el tanque. Este agitador deberá tener la velocidad necesaria para poder mover el volumen de agua dentro del tanque, pero ésta no deberá ser tan alta para evitar que la fuerza de cizallamiento de las paletas del impulsor rompan los flóculos que se van formando.

Existen diferentes tipos de agitadores para diversas aplicaciones en la industria que buscan en la agitación algunos propósitos como la suspensión de partículas sólidas, mezclado de líquidos miscibles, cristalización y para el caso de esta investigación la floculación.

Para la elección del agitador se toma en cuenta los modelos recomendados por algunos fabricantes de agitadores estandarizados. Así los fabricantes Flow Control y Novatec

recomiendan para la floculación un agitador Floculador – Propela bipala (figura 5.2) que consta de un impulsor de dos palas cuyas características se muestran en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Características Técnicas del agitador - Propela Bipala según fabricante.

Característica Técnica	Flow Control	Novatec
Flujo predominante	Flujo Radial	Flujo Radial
Diámetro del impulsor	300 mm hasta 3600 mm	300 mm hasta 3600 mm
Velocidad	8 hasta 70 RPM	Hasta 70 RPM
Potencia	0,37 hasta 1,1 Kw	Hasta 2,2 Kw
Volumen del deposito	500 lt hasta 700 m3	Hasta 500 m3

Fuente: Elaboración propia (adaptado de los anexos 4 y 5)



Figura 5.2. Agitador Floculador – Propela bipala

Fuente: Novatec –Agitadores mecánicos

5.4.2 Impulsador de palas

El tipo de agitador elegido para la floculación comprende un tipo de impulsador a base de palas.

Para Quispe (2010), por lo general son agitadores de palas planas de dos o cuatro palas mayormente que cumplen con propósitos sencillos de agitación. Estas palas giran en el centro del estanque a velocidades bajas o moderadas comprendidas entre 20 y 150 rpm, impulsando el líquido radial y tangencialmente y al menos que las placas estén inclinadas no hay movimiento vertical. Para tanques sin placas deflectoras los agitadores con velocidades relativamente bajas provocan una agitación muy suave, sin embargo para velocidades más altas es necesario estas placas para evitar la poca mezcla como consecuencia del movimiento del líquido en bloque alrededor del tanque.

El diámetro del impulsor de palas (D_a) comprende entre el 50% y el 80% del diámetro del tanque (D_t) y el ancho de las palas entre 1/6 a 1/10 del D_t . Para este caso de diseño se toma como factor 50% y 1/10 para calcular el diámetro del impulsor y el ancho de las palas respectivamente.

5.4.3 Diseño y cálculo del agitador

5.4.3.1 Datos de entrada

Para el diseño del agitador se toman en cuenta los datos de la Tabla 5.2, el mismo que comprende las medidas del tanque y las características del líquido.

Tabla 5.2. Datos de entrada para el diseño de un agitador.

Densidad del fluido	1000 kg/m ³
Viscosidad del fluido	0.001 Pa.s
Diámetro del tanque	2200 mm
Altura del tanque	3900 mm

Tapa del tanque	Plano
Fondo del tanque	Cónico

Fuente: Elaboración propia

5.4.3.2 Dimensiones generales del agitador

El agitador de palas es el escogido para este diseño y con las dimensiones del tanque se calculan las dimensiones generales de este agitador. En la figura 5.3 se detallan las medidas del tanque agitador diseñado.

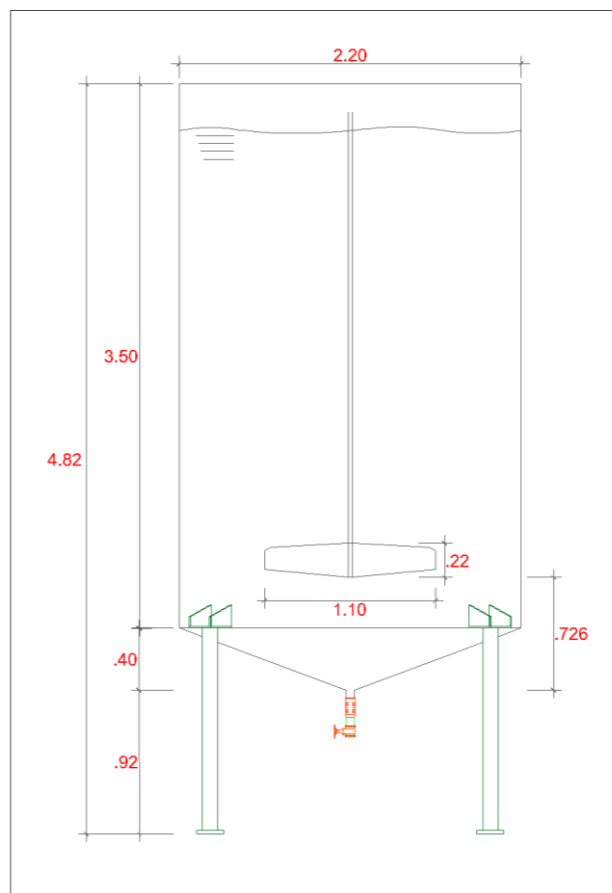


Figura 5.3. Dimensiones generales del agitador diseñado

Fuente: Elaboración propia

Para el tanque

H= 3900 mm

Dt= 2200mm

Diámetro del impulsor

$$D_a / D_t = 0.5$$

$$D_a = 0.5 \times 2200 = 1100 \text{ mm}$$

Ancho de pala

$$W / D_t = 1/10 = 0.1$$

$$W = 0.1 \times 2200 = 220 \text{ mm}$$

Distancia del impulsor a base del fondo

$$E / D_t = 0.33$$

$$E = 0.33 \times 2200 = 726 \text{ mm}$$

5.4.3.3 Numero de Reynolds (Re)

Es un número adimensional que permite conocer las características de un flujo, así un flujo puede ser laminar cuando el Número de Reynolds es pequeño, y puede ser turbulento cuando el número es elevado. Este número se obtiene de la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{N d^2 \rho}{\mu}$$

Donde:

N = velocidad de rotación [rps]

d = diámetro del agitador [m]

ρ = densidad del fluido [kg/m³]

μ = viscosidad [Pa·s]

El movimiento del fluido se considera laminar, transitorio o turbulento dependiendo en que rango se encuentre el número de Reynolds en la siguiente descripción:

Régimen laminar: $Re < 10$

Régimen transitorio: $300 < Re < 10000$

Régimen turbulento: $Re > 10000$

Calculo del Número de Reynolds

Para calcular el número de Reynolds se debe determinar la velocidad de rotación del agitador elegido. Para este agitador según lo recomendado por los fabricantes antes mencionados la velocidad de rotación puede ser hasta 70 RPM.

Según Metcalf y Eddy (1995), los fabricantes de equipos han realizado muchos estudios para determinar las características idóneas de las paletas, entre estos estudios se ha constatado que se crea una suficiente turbulencia sin romper los flóculos a una velocidad lineal en los extremos de las paletas de 0.6 m/s a 0.9 m/s. Así según el fabricante G&G Ingenieros menciona que para evitar que el esfuerzo cortante del impulsor rompa los flóculos, la velocidad periférica máxima para una pala es $V_p = 0.8$ m/s. Partiendo de este último dato podemos calcular la velocidad de rotación (N) a partir de la siguiente ecuación:

$$V_p = \pi N d$$

Donde:

N = velocidad de rotación [rps]

d = diámetro del agitador [m]

Despejamos velocidad de rotación (N) de la ecuación:

$$N = \frac{V_p}{\pi d}$$

Reemplazando:

$$N = \frac{0.8}{3.1416 \cdot 1.1} = 0.2315 \text{ RPS} = 13.89 \text{ RPM}$$

Este resultado indica que la velocidad de rotación del agitador como máximo debe ser 13.89 RPM, definiendo para este diseño la velocidad del agitador de 13 RPM.

Datos de entrada para el cálculo del Número de Reynolds:

Diámetro del agitador (d) = 1.1 m

Densidad del fluido (ρ) = 1000 kg/m³

Viscosidad (μ) = 0.001 Pa.s

Velocidad angular (N) = 13 rpm = 0.217 rps

Reemplazando:

$$Re = \frac{N d^2 \rho}{\mu} \rightarrow Re = \frac{0.217 * 1.1^2 * 1000}{0.001} = 262570$$

Este número de Reynolds indica que el flujo es turbulento dentro del tanque cuando se da la agitación.

5.4.3.4 Numero de Potencia (Np)

Según Quispe (2010), el número de potencia es un numero adimensional que resulta del esfuerzo que necesita el impulsor para contrarrestar la fricción que se genera entre el fluido en movimiento y las paredes del tanque. Se puede obtener a partir de la siguiente ecuación:

$$Np = \frac{P}{N^3 d^5 \rho}$$

P = potencia de agitación del impulsor (watts)

N= velocidad de rotación [rps]

d = diámetro del agitador [m]

ρ = densidad del fluido [kg/m³]

Calculo de potencia consumida

Para calcular la potencia necesaria se debe determinar el número de potencia utilizando la figura 5.4 interpolando con el número de Reynolds calculado.

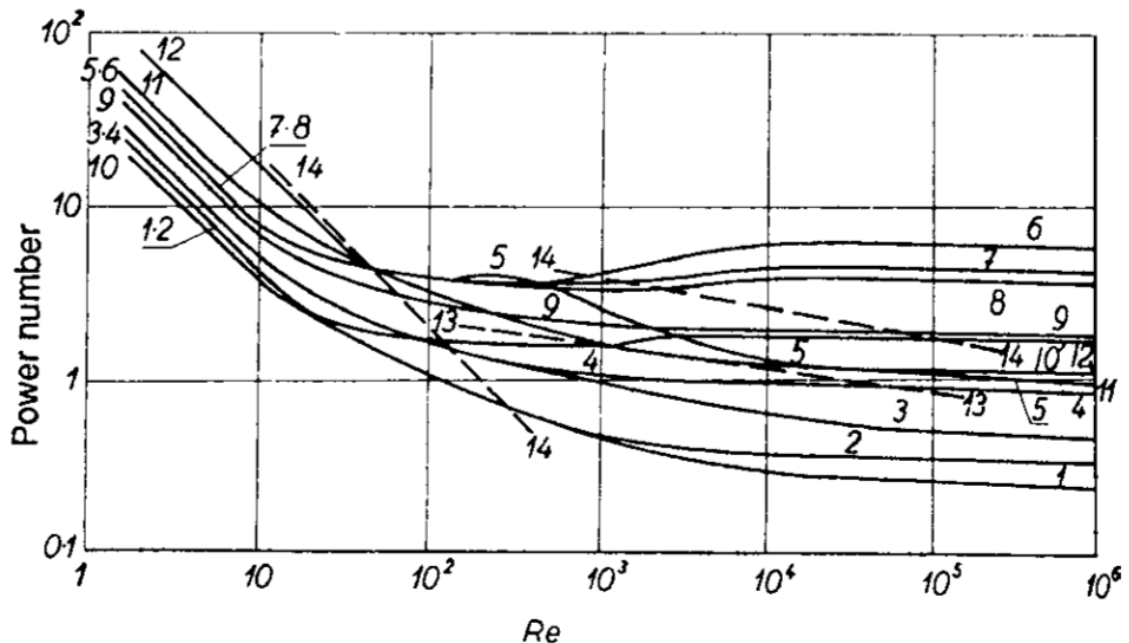


Figura 5.4. Gráfico: Numero de potencia N_p frente a N_{re} , para varios tipos de impulsores.

Fuente: Chemical Process Equipment (2012)

La figura 5.4 muestra la relación del número de potencia con el número de Reynolds de los siguientes tipos de impulsores: (1) hélice, diámetro de igual paso, sin deflectores; (2) hélice, $s = d$, cuatro deflectores; (3) hélice, $s = 2d$, sin deflectores; (4) hélice, $s = 2d$, cuatro deflectores; (5) turbina, seis hojas rectas, sin deflectores; (6) turbina, seis cuchillas, cuatro deflectores; (7) turbina, seis palas curvadas, cuatro deflectores; (8) turbina de punta de flecha, cuatro deflectores; (9) turbina, palas curvadas inclinadas, cuatro deflectores; (10) paletas de dos palas, cuatro deflectores; (11) turbina, seis cuchillas, cuatro deflectores; (12) turbina con anillo de estator; (13) paletas sin deflectores (datos de Miller y Mann); (14) paletas sin deflectores (datos de White y Summerford).

Utilizando la figura 5.4 se obtiene el N_p para un impulsor de paletas en un tanque sin deflectores representada por la curva 14.

$$Np = \frac{P}{N^3 d^5 \rho} \approx 1.5$$

Se calcula la potencia requerida despejando P de la ecuación Np:

$$P = Np (N^3 d^5 \rho) \rightarrow 1.5 * (0.217^3 * 1.1^5 * 1000) = 24.69 \text{ W}$$

$$P = 24.69 \text{ W} = 0.033 \text{ HP}$$

5.4.3.5 Selección del motor

Debido a que la velocidad de agitación es relativamente baja, se considera en este diseño un motorreductor para disminuir la velocidad de salida.

Para seleccionar el motorreductor adecuado se toma en cuenta la potencia mínima requerida y la velocidad de rotación que necesita la agitación (0.033 HP, 13 RPM), así también la posición en la que éste deba trabajar.

Para este diseño se recomienda un motorreductor eléctrico de engranajes de la serie R del fabricante SEW-EURODRIVE el cual tiene un amplio rango de índice de reducción de velocidad y potencia del motor con la que trabaja (tabla 5.3), además pueden operar en diferentes posiciones de montaje (figura 5.5). El reductor de esta serie tiene diferentes versiones que se detallan en la Tabla 5.4:

Tabla 5.3. Datos técnicos del motorreductor serie R.

Dato técnico	Rango
Índice de reducción (i)	3.21 – 289.74
Índice de reducción del reductor doble (i)	90 - 27001
Par de salida (Nm)	50 - 18000
Rango de potencia del motor (KW)[HP]	0,12 – 90 [0,16 a 120]

Fuente: Pagina web de Sew-Eurodrive

Tabla 5.4. Versiones del reductor de engranajes.

Versión	Detalle
RX...	Versión de una etapa con patas
RXF...	Versión de una etapa con brida B5
R..	Versión con patas
R...F	Versión con patas y brida B5
RF...	Versión con brida B5
RZ...	Versión con brida B14
RM...	Versión con brida B5 y moyú prolongado

Fuente: Manual Reductores y Motorreductores, Sew-Eurodrive (2006).

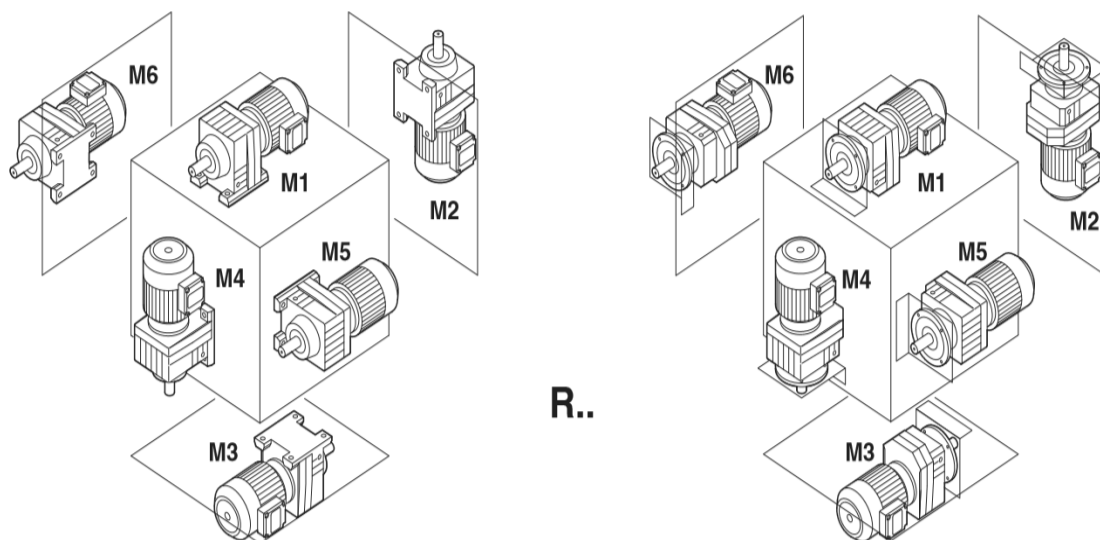


Figura 5.5. Distribución espacial del motorreductor serie R para las posiciones de montaje: M1...M6.

Fuente: Manual Reductores y Motorreductores, Sew-Eurodrive (2006)

Lo más recomendable para este diseño es seleccionar el motorreductor versión sólo con brida para un montaje de posicionamiento M4 (vertical). El tipo de brida debe ofrecer una buena rigidez en la fijación, es por ello que los fabricantes recomiendan la brida B5 para propósitos como la agitación ya que tiene un mayor diámetro.

La versión RF (figura 5.6) es el más indicado para este diseño. En la figura 5.7 se muestran las dimensiones de la brida de este modelo.

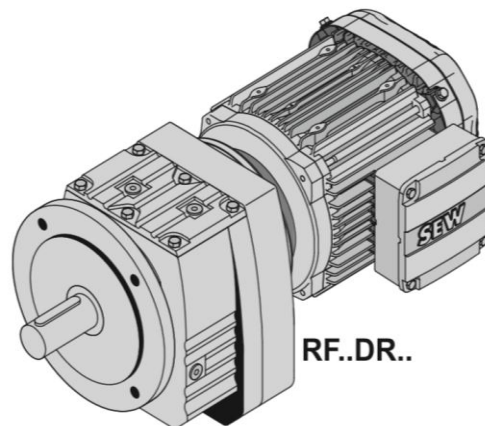


Figura 5.6. Motorreductor modelo RF

Fuente: Catalog – (E)DRN..(IE3) Gearmotors-60Hz, Sew-Eurodrive (2016)

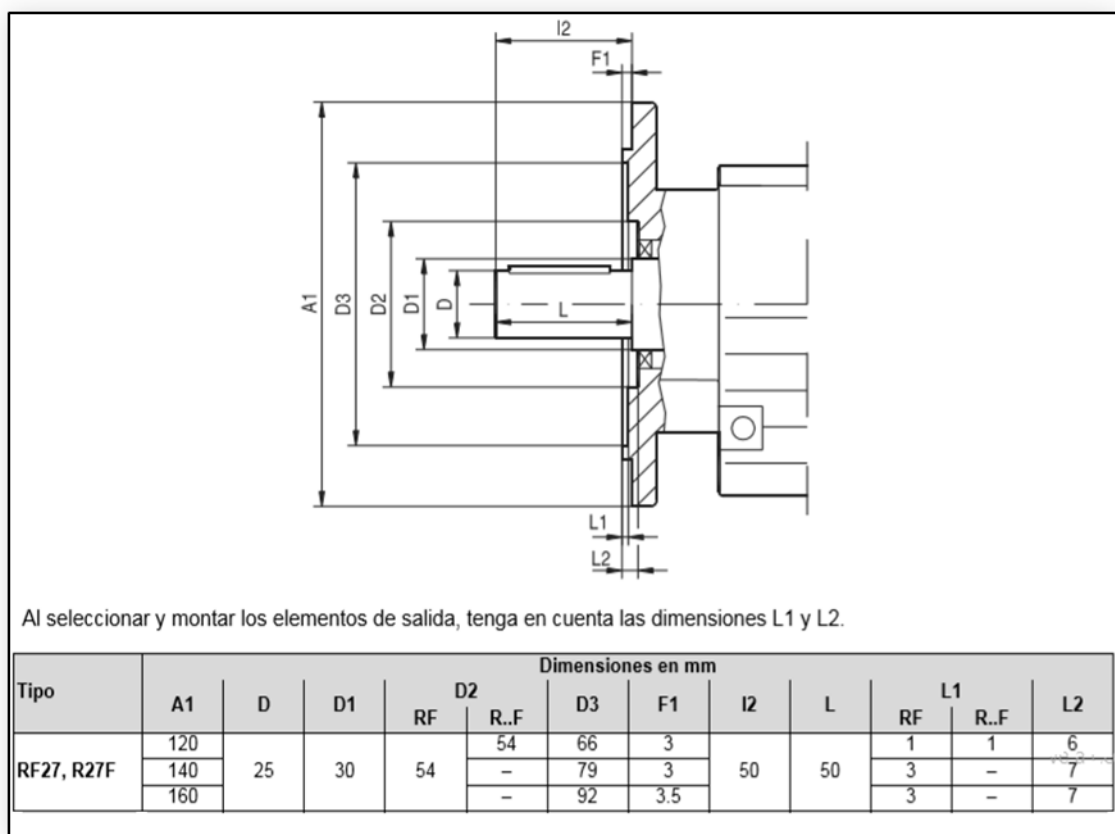


Figura 5.7. Dimensiones de la brida del motorreductor RF.

Fuente: Manual Reductores y Motorreductores, Sew-Eurodrive (2006)

5.5 FILTRO COALESCENTE

Este filtro presenta un problema con el material con el que está compuesta la célula coalescente, como ya se mencionó la calamina no es la indicada ya que se oxida fácilmente con el agua, es por ello que se necesita reemplazar la célula coalescente actual por otra cuyas propiedades resistan al contacto con el agua.

Se recomienda utilizar un bloque de células lamelares de polipropileno, muy usado para separar aceites y grasas de origen mineral de aguas residuales, esta célula tiene la forma de nido de abejas, una geometría conveniente para que las partículas pequeñas de aceites y grasas se aglutinen para formar unas más grandes que tengan una mayor velocidad de ascensión.

5.6 FILTRO GRAVA

Este filtro no presenta inconvenientes, sin embargo se recomienda realizar un correcto seguimiento al medio filtrante, debido a que tras varias secuencias de filtrado éste se irá saturando con las partículas que se van depositando en las capas, trayendo como resultado un efluente de poca calidad a consecuencia que la superficie en el filtro para la retención de sólidos suspendidos llega a hacer prácticamente nula; cuando se ha llegado hasta ese punto se dice que se ha cumplido con un ciclo de filtrado, siendo necesario posteriormente el lavado contracorriente al medio filtrante.

La operación de lavado consiste en recuperar la capacidad de retener los sólidos disueltos del medio filtrante, para ello se introduce agua de forma inversa a como fluye durante la filtración, en este caso de forma ascendente para retirar los sólidos que se han adherido y que saturan al medio filtrante.

Es muy importante que se realice este lavado para asegurar una buena retención de sólidos y evitar efluentes con un grado de turbidez mayor.

5.7 REMOCIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS DEL AGUA RESIDUAL.

En la Tabla 5.5 se indica el porcentaje de remoción de DBO₅, DQO y SST en las distintas etapas de tratamiento de la PTAR en estudio.

Con los datos de la Tabla 4.1 se calcula la calidad esperada del efluente según el porcentaje de remoción en cada tratamiento y se compara con los estándares de calidad ambiental (ECA) del agua residual establecidos en la categoría 3 del Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Tabla 5.5. Remoción de los parámetros del agua residual en las etapas de tratamiento.

Tipo de Tratamiento	REMOCION (%)		
	DBO	DQO	SST
Laguna anaerobia	50	50	50
Laguna Facultativa	85	75	70
Coagulación/ Floculación	60	70	96
Filtro Coalescente	-	-	20
Filtro Grava	95	70	95

Fuente: Norma Técnica de Edificación OS.090, 2006; Alianza por el agua (2008)

**Tabla 5.6. Calidad esperada del efluente en relación con los ECAs,
Según DS N° 015-2015-MINAM**

PARAMETROS	EFLUENTE	DS N° 015-2015-MINAM (Categoría 3)	UNIDAD
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	3.82	15	mg / L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	9.77	40	mg / L
Solidos Suspendidos Totales	0.07	No especifica	mg / L

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5.6 se puede apreciar que los valores esperados de DBO y DQO del efluente son menores en comparación con los valores ECA's establecidos en la categoría 3 del Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM (parámetros para riego de cultivo de tallo alto y bajo).

CONCLUSIONES

El rediseño de la PTAR permite reducir la DBO a 3.82 mg/L y la DQO a 9.77 mg/L influyendo positivamente en el mejoramiento de la calidad del efluente y cumpliendo con los ECA's establecidos en el DS N°015-2015-MINAM para la categoría 3, pudiendo ser reutilizado para el riego de cultivo de tallo alto.

Se realizó un diagnóstico actual de la PTAR de la empresa, identificando las oportunidades de mejora plasmadas en el rediseño y que pueden ser implementadas para mejorar la calidad del efluente. El rediseño se llevó a cabo en el tratamiento de mezclado.

Con el diagnóstico de la PTAR se identificó que las características de infraestructura y funcionamiento del sedimentador y estabilizador (llamados así por la empresa), cumplen con lo recomendado por la norma técnica de edificación de plantas de tratamiento de aguas residuales S.090 para los tratamientos de laguna anaerobia y facultativa, respectivamente.

Se identificó en el tratamiento de mezclado la necesidad de incluir en su proceso un agitador para asegurar la formación de flóculos y causar la precipitación de éstos, ocasionando un buen rendimiento en el proceso de floculación. En el tratamiento de filtraje coalescente se identificó reemplazar las células coalescentes a base de calaminas por otras de material cuyas propiedades sean más resistentes al contacto con el agua como lo es la célula lamelar de polipropileno.

Para el rediseño del tanque mezclador se seleccionó un agitador de dos paletas debido a que es el más indicado para propósitos de floculación, además se calculó su dimensión y se determinó la velocidad óptima de 13 rpm para asegurar la recirculación del agua dentro del tanque sin romper los flóculos que se van formando, y por último se seleccionó un motorreductor RF27 para producir la agitación.

Se determinó la necesidad de instalar 3 bombas centrifugas en la PTAR para asegurar el recorrido del agua residual por todas las etapas de tratamiento; además, aprovechando la poca elevación que necesita el agua, se optó que éstas sean de alto caudal para maximizar la transferencia de agua de una etapa a otra en el menor tiempo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar el rediseño propuesto en este estudio para remover gran parte de los parámetros del afluente y así obtener una calidad de agua que cumpla con la norma, y permita ser reutilizada en el riego de plantas de tallo alto.

Se recomienda crear e implementar un plan de mantenimiento preventivo de la instalación de la PTAR para el buen rendimiento de la planta y sobretodo no correr con futuros costos de reparación.

Para el tanque de mezclado, se recomienda no utilizar toda su capacidad volumétrica, debido a que la altura del tanque (H_t) es más grande que su diámetro (D_t), y una buena agitación se da cuando la relación de la altura del fluido y el diámetro del tanque es cercano o igual a 1, $H/D_t \approx 1$

Se recomienda mejorar la seguridad en la instalación de la PTAR, cercando la entrada para restringir el acceso, previniendo el ingreso de personal no autorizado o no capacitado y así evitar accidentes como caídas a distinto nivel.

Se recomienda realizar un estudio sobre el análisis costo – beneficio de la inversión de la propuesta de rediseño.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Alasino, N. (2009). *Síntesis y Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. (Tesis de obtención de grado, Universidad Nacional del Litoral, Argentina).
Recuperado de
<http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8080/tesis/bitstream/handle/11185/119/tesis.pdf?sequence=1>
- Alianza por el Agua, (2008). *Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas*. (Monográfico). Recuperado de
<http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf>
- Amaya y Gómez (2001). *Estudio Técnico-Económico del tratamiento de Aguas Residuales Industriales de las plantas de procesamiento de productos hidrobiológicos congelados en la zona industrial II de Paita-Perú*. (Tesis inédita de grado).
Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.
- Bupolsa (s.f.). Recuperado de <http://www.bupolsa.com/depu/ar.html>
- Castillo Uribe, V. (2013). *Diseño y cálculo de un agitador de fluidos*. (Tesis de obtención de grado, Universidad del Bío-Bío, Chile. Recuperado de
http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Urbe_Vladimir.pdf
- Cegarra Luzón, S. (2014). *Electrodiálisis reversible para la obtención de agua regenerada a partir de efluentes industriales depurados*. (Tesis de grado). Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, Colombia. Recuperado de
<http://repositorio.bib.upct.es:8080/dspace/bitstream/10317/4466/1/tfg357.pdf>
- Couper, Penney, Fair & Walas, (2012). *Chemical process equipment: Selection and design*. USA: Elsevier.
- Decreto Supremo N° 003 – 2010 Ministerio del Ambiente MINAM. *Límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales*. recuperado de http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf
- Decreto Supremo N° 015 – 2015 Ministerio del Ambiente MINAM. *Modifican los estándares nacionales de calidad ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación*. recuperado de

<https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/ds-ndeg-015-2015-minam.pdf>

- ENEXIO (s.f.). Tratamiento del agua. Recuperado de <http://www.tratamientodelagua.com.mx/teoria-de-sedimentacion/>
- Engineering Fundamentals (s.f.). Recuperado de <http://www.engineeringfundamentals.net/LagunasAireadas/index.htm>
- Espigares García, M. y Pérez López, J. (1985). *Aguas residuales. Composición* (Fragmento del libro Aspectos sanitarios del estudio de las aguas, Universidad de Granada). Recuperado de http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf
- Europelec (s.f.). recuperado de <http://www.europelec.com/tratamiento-previo-es.html>
- Fondo Nacional del Ambiente – FONAM. (2010). *Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú*. Recuperado de http://www.fonamperu.org/general/agua/documentos/Oportunidades_Mejoras_Ambientales.pdf
- García Ruesta, C. (2008). *Evaluación, Optimización y Rediseño de las lagunas de estabilización el Cucho, Sullana*. (Tesis de obtención de grado, Universidad de Piura). Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2795/ICI_179.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- GTWE Costa Rica & Centroamérica (s.f.). recuperado de <http://www.tratamiento-de-aguas.cr/wp-content/uploads/2015/10/Esquema-tamiz-arco.png>
- Koshland Science Museum (s.f.). Recuperado de <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Coagulation-Flocculation.html>
- Luna Luis & Salas Daniel (2016). *Rediseño de una planta de tratamiento de aguas residuales de una fábrica de baterías de plomo ácido*. (Tesis de obtención de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador). Recuperado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/36930/D-CD88357.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
- Masko (s.f.). Acoples. Recuperado de: <http://ucc.colorado.edu/baldor-reliance/acoples.pdf>


- Metcalf y Eddy, (1995). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización*. España: McGraw-Hill-Interamericana Editores.
- Mc Cabe, Smith, y Harriot, (2007). *Operaciones unitarias en ingeniería química*. México: McGraw-Hill-Interamericana Editores.
- Mendoza, D. (2011). *Evaluación y rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales del Barrio Cañaveral de la ciudad de Nueva Loja*. (Tesis de grado). Sangolquí, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/3183>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, (2013). *Guía práctica para la depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. España. Recuperado de <http://docplayer.es/2126615-Guia-practica-para-la-depuracion-de-aguas-residuales-en-pequenas-poblaciones.html>
- Moscoso, J. (2011). *Estudio de opciones de tratamiento y reúso de aguas residuales en lima metropolitana*. Ministerio Federal de Educación e Investigación. Lima, Perú.
- Moscoso, Julio (2016). *Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas*. Recuperado de https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/manual_de_buenas_practicas_para_el_uso_seguro_y_productivo_de_las_aguas_residuales_domesticas.pdf
- Norma Técnica de Edificación OS.090 de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, (2006). Recuperado de http://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo2/03_OS/RNE2006_OS_090.pdf
- Novatec (s.f). Agitadores mecánicos. Recuperado de <https://novatecfs.com/wp-content/uploads/2018/10/novatec-agitadores-mecanicos-industriales.pdf>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA. (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Perú. Recuperado de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Pizón Lizeth y Almeida Oscar (2010). *Diseño, construcción y puesta en marcha de un modelo de tratamiento para las aguas residuales generadas en la producción de panela*. (Tesis de obtención de grado, Universidad Industrial de Santander). Recuperado de <http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/disen-construccion-y-puesta-en-marcha-de-un-modelo-de-tratamiento-para-las-aguas-residuales-generadas-en-la-producc.pdf>

- Prada, S., Ordoñez, J. y Serrano, J (2006). *Rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta de sacrificios de bovinos y porcinos del municipio de Lebrija - Santander*. (Tesis de grado). Bucaramanga, Colombia. Recuperado de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7586/2/121706.pdf>
- Quiñonez Ferdinand y Guerrero Rafael (2004). *Plan de reúso de aguas usadas de Puerto Rico*. Recuperado de http://www.recursoaguapuertorico.com/InformeReuso_Plan_Aguas_22nov_04.pdf
- Quispe Nuñez, B. (2010). *Factores que influyen en la selección de un agitador*. (Tesis de obtención de grado, Universidad Nacional de Ingeniería). Recuperado de cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/10437/1/quispe_nb.pdf
- Rodríguez, A., Letón, P., Rosal, R., Dorado, M., Villar, S., y Sanz, J. (2006). *Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales*. (Informe, Circulo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía CITME, Universidad de Alcalá). Recuperado de <https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/V T2 Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales.pdf>
- Silva Burga, J. (2004). *Evaluación y rediseño del sistema de lagunas de estabilización de la Universidad de Piura*. (Tesis de obtención de grado, Universidad de Piura). Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1189/ICI_119.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sew-Eurodrive: Motorreductor helicoidal serie R. Recuperado de <http://www.seweurodrive.com/produkt/helical-gearmotor-r-series.htm>
- Sew-Eurodrive, (2016): *Catalog – (E)DRN..(IE3) Gearmotors-60Hz*. Recuperado de https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/22742654_G02.pdf
- Sew-Eurodrive, (2006): *Manual de reductores y motorreductor*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/283755652/Sew-Catalogo-General-Reductores>
- Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento SUNASS, 2008. *Diagnostico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuesta de solución*. Recuperado de http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/libro_ptar_gtz_sunass.pdf

- Torres Cisneros, A. (2010). *Diseño de tratamiento secundario*. (Monográfico de internet). Recuperado de <https://www.monografias.com/trabajos81/disenio-tratamiento-secundario/disenio-tratamiento-secundario2.shtml>
- Universidad de Valencia (s.f.). Economía del agua. Recuperado de <http://www.uv.es/~fhdez/edar.DEFINICION.edar.sXIX.html>


ANEXOS

ANEXO 1. ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL AFLUENTE DE LA PTAR-JOSCANA.



PERÚ Ministerio de Salud

DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD PIURA
DIRECCIÓN DE LABORATORIOS DE SALUD PÚBLICA
 AFILIADO AL INSTITUTO NACIONAL DE SALUD
 Resolución Ministerial N° 236 - 96 - SA/DM Lima, 02.04.1996
INFORME TECNICO N° 009-2011-GOB.REG-PIURA-DRSP-DLABSP-ECCAVN



PIURA, 06 DE ENERO DE 2011

SOLICITANTE DIRECCION LEGAL MUESTRA PROCEDENCIA CODIGO DE MUESTRA FECHA DE MUESTREO PLAN DE MUESTREO FECHA DE EJECUCION DE ENSAYO FECHA DE PRODUCCION FECHA DE VENCIMIENTO	: JOSCANA SAC : ZONA INDUSTRIAL MZ. J, LOTE 04 - II ETAPA - PIURA : AGUA RESIDUAL : PLANTA JOSCANA SAC - CISTERNA YC 1609 Y ZE1203 : 01087 : 18 DE DICIEMBRE DE 2010 : D.S 003-2010/MINAM : 18 DE DICIEMBRE DE 2010 : 18 DE DICIEMBRE DE 2010 : 18 DE DICIEMBRE DE 2010
---	--

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS	
ENSAYO	RESULTADO
pH	7.9
Temperatura °C	21.8
Sólidos Suspendedos Totales - (mg/l)	311.0
Aceites y Grasas (mg/l)	88.5
DBO ₅ (mg/l)	2549.1
DQO (mg/l)	868.41

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	
ENSAYO	RESULTADO
Recuento de Coliformes Fecales NMP/100ml.	1.4 x 10 ²

MÉTODOS DE ENSAYO:

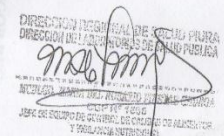
ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS:

1. PH
2. TEMPERATURA
3. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES
4. ACEITES Y GRASAS
5. DBO₅
6. DQO

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

RECuento de COLIFORMES FECALIS : APHA 9221-E.1 - 20th Ed. 1999

: APHA 4500 H-B 20th Ed. 1999
 : APHA 2550 B 20th Ed. 1999
 : APHA 2540 C 20th Ed. 1999
 : APHA 5520 B 21st Ed. 2005
 : APHA 5210 B 20th Ed. 1999
 : APHA 5220 B 20th Ed. 1999




DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD PIURA
 DIRECCIÓN DE LABORATORIOS DE SALUD PÚBLICA
 Jefe de Laboratorio de Microbiología y Salud Ambiental

Documento emitido en base a los resultados obtenidos en nuestro laboratorio. La validez del presente documento es por tres (03) meses a partir de la fecha de emisión. Aplicable solo para el producto y las cantidades marcadas siempre y cuando se mantengan las mismas condiciones de realizado el muestreo. La muestra para determinación de estos productos se almacenará por tres (03) meses a partir de la fecha de realización de los Muestras. Prohibida la reproducción total y/o parcial del presente documento.

AV. RAMON CASTILLA N° 373 - CASTILLA PIURA TELEFONO: 345116 - TELEFAX: 345656

E-mail: labpiura1@latinmail.com

ANEXO 2. CHECK LIST UTILIZADO PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA PTAR

 JOSCAN S.A.C	CHECK LIST - DIAGNÓSTICO DE LA PTAR
--	--

RESPONSABLE

Ramos Ancajima Ivan

FECHA:

22/12/2018

HORA:

8:00 a.m.

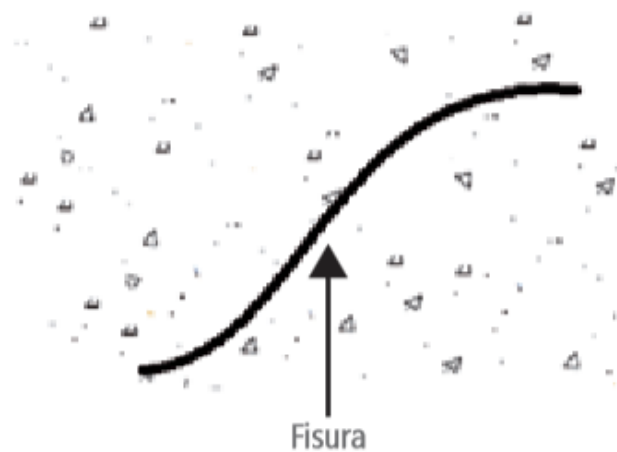
DIAGNOSTICO	SI	NO	OBSERVACIONES
1. CRIBADO:			
¿La retención de sólidos en la canastilla metálica presenta inconvenientes?		X	Los sólidos de tamaño medio se retienen con eficiencia en la canastilla metálica
¿El diseño del cribado es adecuado para el pretratamiento?	X		El diseño de la infraestructura y de la canastilla permiten el retiro de los sólidos sin ningún inconveniente y el adecuado pase del agua al sedimentador
¿Las paredes del cribado presentan fisuras y/o grietas?	X		se encontró en la pared izquierda una fisura y una grieta de aproximadamente 2 mm cerca de la base
¿Las paredes del cribado presentan adherencia de sólidos?	X		Hay presencia de sólidos adheridos que le dan un aspecto oscuro a las paredes
¿La llegada del agua al cribado presenta inconvenientes?		X	No hay inconvenientes con la descarga del agua residual de la cisterna hacia el cribado
2. SEDIMENTADOR:			
¿El diseño del estanque es el adecuado para el tratamiento?	X		El diseño rectangular y la capacidad de casi 300 m3 son adecuados para la sedimentación de los sólidos, además, la pendiente en el fondo facilita el retiro de éstos
¿Las paredes del estanque presentan fisuras y/o grietas?		X	Las paredes del estanque se encuentran en buenas condiciones
¿Las paredes del estanque presentan adherencia de sólidos?	X		Hay presencia de sólidos adheridos que le dan un aspecto oscuro a las paredes
¿La llegada del agua al estanque presenta inconvenientes?		X	El agua después de pasar por la canastilla metálica cae por gravedad al estanque
3. ESTABILIZADOR:			
¿El diseño del estanque es el adecuado para el tratamiento?	X		El diseño rectangular y la capacidad de casi 300 m3 son adecuados para la estabilización de las aguas y sedimentación de los sólidos, además, la pendiente en el fondo facilita el retiro de éstos
¿Las paredes del estanque presentan fisuras y/o grietas?		X	Las paredes del estanque se encuentran en buenas condiciones
¿Las paredes del estanque presentan adherencia de sólidos?		X	No hay presencia de sólidos
¿La llegada del agua al estanque presenta inconvenientes?	X		El agua tiene que bombearse al estanque estabilizador, pero no se encontró el equipo que realice esa tarea

4. TANQUE DE MEZCLADO:			
¿El diseño del tanque es el adecuado para el tratamiento?		X	El diseño cilíndrico y la capacidad del tanque son adecuados para el tratamiento, sin embargo el tanque no cuenta con un agitador para recircular las aguas
¿La estructura metálica del tanque presenta fisuras y/o grietas?		X	Se encuentra en buen estado, por lo que la capacidad de resistencia de carga no se ve afectada
¿La estructura metálica del tanque presenta corrosión?		X	No hay corrosión en la estructura metálica
¿La pintura de recubrimiento presenta buenas condiciones?	X		Sólo hay polvo adherido por la falta de limpieza
¿La válvula de purgado se encuentra en buen estado?		X	Se manipuló la válvula sin poder dar movimiento a la palanca de giro, siendo necesario su mantenimiento
¿La llegada del agua al tanque presenta inconvenientes?	X		El agua tiene que bombearse al tanque, pero no se encontró el equipo que realice esa tarea
5. FILTRO COALESCENTE:			
¿El diseño del filtro es el adecuado para el tratamiento?			La separación por compartimientos de este sistema de filtro son adecuados para la eliminación de grasas y sólidos
¿La estructura metálica del filtro presenta fisuras y/o grietas?		X	Se encuentra en buen estado, por lo que la capacidad de resistencia de carga no se ve afectada
¿La estructura metálica del filtro presenta corrosión?		X	No hay corrosión en la estructura metálica
¿La pintura de recubrimiento presenta buenas condiciones?	X		Sólo hay polvo adherido por la falta de limpieza
¿Las células coalescentes se encuentran en buen estado?		X	Las calaminas que componen a estas células se encuentran oxidadas
¿El filtro microporoso se encuentra en buen estado?	X		El filtro se cambia cuando la capacidad de retención de sólidos y grasas sea nula
¿La llegada del agua al filtro presenta inconvenientes?	X		El agua tiene que bombearse al filtro coalescente, pero no se encontró el equipo que realice esa tarea
5. FILTRO GRAVA:			
¿El diseño del filtro es el adecuado para el tratamiento?	X		El diseño del filtro permite que el agua tenga un flujo descendente a través del medio filtrante, además la capacidad y su forma cilíndrica son adecuadas para el tratamiento
¿La estructura metálica del filtro presenta fisuras y/o grietas?		X	Se encuentra en buen estado, por lo que la capacidad de resistencia de carga no se ve afectada
¿La estructura metálica del filtro presenta corrosión?		X	No hay corrosión en la estructura metálica
¿La pintura de recubrimiento presenta buenas condiciones?	X		Sólo hay polvo adherido por la falta de limpieza
¿La llegada del agua al filtro presenta inconvenientes?	X		Se encontró una bomba de 1HP que bombea el agua hasta el filtro, pero se encuentra inoperativa.

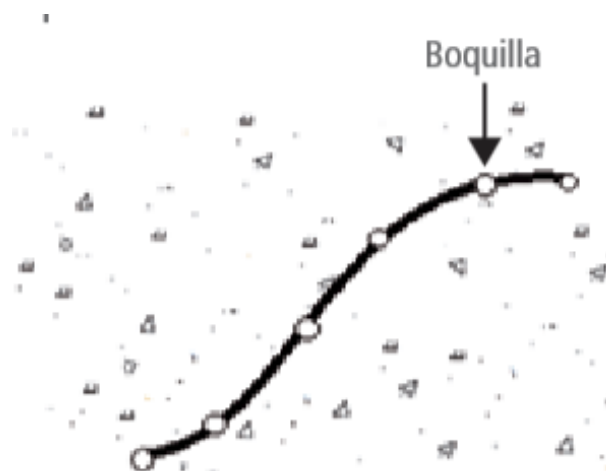
ANEXO 3. REPARACION DE GRIETA O FISURA ESTRUCTURAL

Reparación de grieta

Para corregir la grieta se recomienda utilizar una resina epóxica de muy baja viscosidad que se aplica por inyección a una determinada presión a través de boquillas que se ubican en forma equidistante a lo largo de la grieta como se indica en la segunda figura de abajo. Esta resina debe aplicarse a la superficie de la grieta previamente limpiada, es decir libre de polvo, grasa, aceites, agua y otros elementos que puedan impedir una correcta adherencia, para ello se puede utilizar agua a presión o aire comprimido.



Representación de una fisura estructural o grieta.



Posicionamiento de las boquillas a lo largo de la grieta.

ANEXO 4. AGITADORES DE VELOCIDAD LENTA DEL FABRICANTE FLOWCONTROL

AGITADORES ESTANDARIZADOS DE VELOCIDAD LENTA



Serie NRE-2000

Turbina de 4 palas inclinadas
Ø 200 hasta 1200 mm

Velocidad: Desde 73 hasta 140 rpm

Potencia: Desde 0,25 hasta 3 kW

Volumen del depósito: Desde 200 l hasta 10 m³

Aplicaciones: Homogeneización, disolución, neutralización, preparación de reactivos.



Serie NRE-3000

Propela curva tripala para altos caudales
Ø 200 hasta 1 800 mm

Velocidad: Desde 40 hasta 290 rpm

Potencia: Desde 0,37 hasta 7,5 kW

Volumen del depósito: Desde 500 l hasta 100 m³

Aplicaciones Tratamiento de aguas: Homogeneización, preparación de aditivos, suspensión, mezcla rápida, preparación de polímeros.

Aplicaciones Otras industrias: Disolución, transferencia térmica, almacenamiento, suspensión.



Serie NFRE-3000 - Flocculador

Propela curva tripala o bipala
Ø 300 hasta 3 600 mm

Velocidad: Desde 8 hasta 70 rpm

Potencia: Desde 0,37 hasta 1,1 kW

Volumen del depósito: Desde 500 l hasta 700 m³

Aplicación: floculación

ANEXO 5. AGITADORES DE VELOCIDAD LENTA DEL FABRICANTE NOVATEC

Agitadores Mecánicos Industriales NOVATEC MIXERS®



Serie VR5 (Velocidad reducida)

Floculador - Propela bipala: Flujo predominantemente radial, para la floculación en aguas ligeramente cargadas de materiales sólidos.

- **Ø Propela:** Desde 300 mm hasta 3.600 mm
- **Velocidades:** Hasta 70 RPM
- **Potencia:** Hasta 2,2 kW
- **Volumen del depósito:** Hasta 500 m³

Aplicaciones: Floculaciones, mezcla lenta, suspensión de lodos biológicos, homogeneización.



Serie VR6 (Velocidad reducida)

Propela escualizable (pala plegables): Flujo predominantemente axial, para altos caudales e instalaciones en tanques de boca pequeña. Aseguran un bombeo de gran eficacia. Velocidades elevadas y un mínimo consumo de energía. Turbulencia baja moderada.

- **Ø Propela:** 300 mm, 400 mm y 540 mm
- **Velocidades:** Desde 100 RPM hasta 250 RPM
- **Potencia:** Hasta 1,5 kW
- **Volumen del depósito:** Hasta 1.000 L

Aplicaciones: Homogeneización, preparación de aditivos, mezcla rápida, preparación de polímeros, disoluciones.



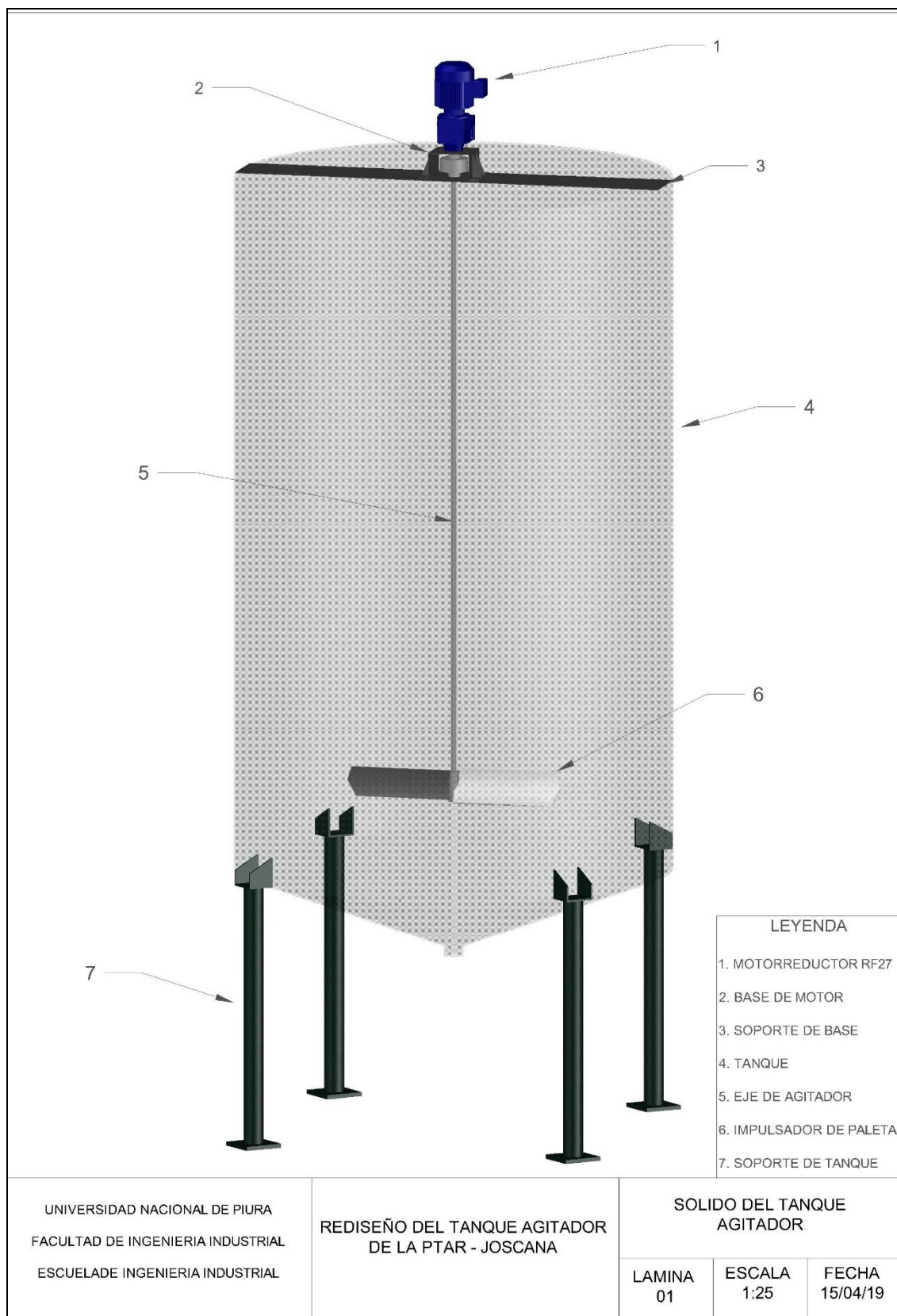
Serie HR4 (Velocidad reducida)

Agitador Horizontal - Propela gran caudal: Flujo predominantemente axial, aseguran un bombeo de gran eficacia. Velocidades elevadas y un mínimo consumo de energía. Turbulencia baja moderada.

- **Ø Propela:** 250 mm y 600 mm
- **Velocidades:** Hasta 290 RPM
- **Potencia:** Hasta 11 kW
- **Volumen del depósito:** Desde 10 hasta 400 m³

Aplicaciones: Homogeneización, suspensión de lodos, disoluciones.

ANEXO 6. SOLIDO DEL TANQUE AGITADOR REDISEÑADO



ANEXO 7. COSTO DE IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE AGITACION.

En las siguientes tablas se muestra el costo del material, equipo y mano de obra para el sistema de agitación; y el costo de equipos y mano de obra necesarios para el bombeo de las aguas residuales; los precios indicados son los que se manejan en el mercado nacional, a excepción del precio del motor Sew-Eurodrive RF27 que fue tomado de Castillo (2013) – Chile, debido a que proveedores de este equipo no facilitaron la cotización por motivos probablemente de política.

COSTO DE MATERIALES, EQUIPO Y MANO DE OBRA PARA EL SISTEMA DE AGITACION					
ITEM	MATERIAL	DIMENSION	CANT.	COSTO UNIT. (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
1	Barra redonda acero inox. 304	Diam. 25 mm	1	134	134
2	Plancha de acero inox. 304L, e: 4 mm	0.25 m2	1	164	164
3	Plancha de acero negro, e: 4 mm	0.2 m2	1	30	30
4	Plancha de acero negro, e: 8 mm	0.48 m2	1	120	120
5	Motor Sew-Eurodrive RF27	N/A	1	1500	1500
6	Acople de mordaza L150N	3 3/4" x 4 1/2"	1	284.42	284.42
7	Mano de obra	N/A	-	400	400
					S/.2,632.42

COSTO DE EQUIPOS Y MANO DE OBRA PARA EL BOMBEO DEL AGUA					
ITEM	DESCRIPCION	DIMENSION	CANT.	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
1	Bomba centrífuga de alto caudal 1hp	N/A	2	420	840
2	Bomba centrífuga de alto caudal 3hp	N/A	1	748	748
3	Mano de obra	N/A	-	800	800
					S/.2,388.00

Llevar a cabo la implementación del rediseño requiere de un costo total de S/. 5020.4 para la compra de equipos y materiales, no obstante este costo se debe considerar como una inversión que generará ingresos adicionales a la empresa por el servicio de tratamiento, debido a que una cantidad de los volúmenes de agua tratada se podrían vender a los mismos clientes que generaron estas aguas u otras partes interesadas que buscan en el reúso de aguas, realizar actividades como el riego de áreas verdes teniendo en cuenta el cuidado del agua al no utilizar agua potable para estos fines. Sin embargo la implementación tiene sus desventajas, al aprovechar todos los procesos de tratamiento, sobre todo al cumplir con un correcto proceso de coagulación-floculación, se generarán más volúmenes de lodos con los sólidos sedimentados, los cuales tendrán que ser trasladados y tratados para su disposición final, generando de esta manera costos adicionales de tratamiento.

ANEXO 8. SELECCIÓN DEL ACOPLE MASKA DE MORDAZA L150N PARA CONECTAR LOS EJES DEL AGITADOR Y MOTORREDUCTOR.

Para seleccionar la dimensión del acople de mordaza se toma en cuenta el diámetro de los ejes (25 mm) a conectar.



ACOPLES STARFLEX

DIMENSIONES

No. cubo	Tipo	Diámetro externo A	Diámetro del cubo DE	Longitud general B	Distancia entre las bridas C	Longitud del barreno D	Barreno		Ensamblaje Peso Lb. (Promedio)	Aproximadamente WR2 Lb.-pulg2
							Min.	Máx.		
L035 *	1	5/8	-	13/16	9/32	17/64	1/8 (4mm)	3/8 (8mm)	0.10	0.003
L050 *	1	1 1/16	-	1 23/32	15/32	5/8	3/16 (5mm)	5/8 (16mm)	0.25	0.054
L070	1	1 3/8	-	2	1/2	3/4	3/16 (7mm)	3/4 (19mm)	0.50	0.115
L075	1	1 3/4	-	2 1/8	1/2	13/16	3/16 (9mm)	7/8 (22mm)	0.90	0.388
L090	1	2 1/8	-	2 9/64	33/64	13/16	3/16 (8mm)	1 (25mm)	1.35	0.772
L095	1	2 1/8	-	2 33/64	33/64	1	7/16 (11mm)	1 1/8 (28mm)	1.55	0.890
L099	1	2 17/32	-	2 27/32	23/32	1 1/16	7/16 (14mm)	1 3/16 (30mm)	2.25	2.048
L100	1	2 17/32	-	3 15/32	23/32	1 3/8	7/16 (12mm)	1 3/8 (35mm)	2.80	2.783
L110	1	3 5/16	-	4 1/4	7/8	1 11/16	5/8 (16mm)	1 5/8 (42mm)	5.95	8.993
L150	1	3 3/4	-	4 1/2	1	1 3/4	5/8 (16mm)	1 7/8 (48mm)	7.90	11.477
L190	2	4 1/2	4	5	1	2	3/4 (19mm)	2 1/8 (55mm)	13.80	39.256
L225	2	5	4 1/4	5 3/8	1	2 3/16	3/4 (30mm)	2 5/8 (65mm)	17.30	65.000

INFORMACIÓN GENERAL PARA HACER PEDIDOS

CUBO Y ELEMENTOS

No. de cubo	Precio de lista (\$)		Elementos									
			NBR (Caucho)		Uretano		Hytrel		Peso Lb.	Bronce		
	Inches	Metric	No. de parte	Precio de lista	No. de parte	Precio de lista	No. de parte	Precio de lista		No. de parte	Precio de lista	Peso Lb.
L035* (4)	13.00	-	L035N* (4)	8.40	-	-	-	-	.01	-	-	-
L050* (4)	13.00	15.60	L050N* (4)	8.40	L050U* (4)	34.00	L050H* (4)	28.40	.01	L050B* (4)	47.60	.06
L070	5.05	6.06	L070N	3.00	L070U	5.90	L070H	10.00	.02	L070B	14.50	.07
L075	5.80	6.96	L075N	5.10	L075U	7.30	L075H	15.00	.03	L075B	23.20	.10
L090	8.90	10.68	L090-095N	6.60	L090-095U	10.50	L090-095H	20.00	.04	L090-095B	25.60	.17
L095	13.70	16.44	L090-095N	6.60	L090-095U	10.50	L090-095H	20.00	.04	L090-095B	25.60	.17
L099	17.30	20.76	L099-100N	13.90	L099-100U	27.60	L099-100H	47.60	.07	L099-100B	37.80	.33
L100	25.60	30.72	L099-100N	13.90	L099-100U	27.60	L099-100H	47.60	.07	L099-100B	37.80	.33
L110	35.00	42.00	L110N	16.00	L110U	52.40	L110H	57.60	.14	L110B	45.40	.63
L150	44.80	53.76	L150N	23.00	L150U	63.40	L150H	69.20	.21	L150B	146.00	1.01
L190	70.00	84.00	L190N	28.00	L190U	68.40	L190H	81.60	.27	L190B	222.00	1.35
L225	85.00	102.00	L225N	33.50	L225U	86.60	L225H	95.80	.41	L225B	284.00	2.05

ANEXO 9. CALCULO DE LOS PARAMETROS ESPERADOS CON LA PROPUESTA DE REDISEÑO.

Se calculan los parámetros esperados del agua a partir de los porcentajes de remoción estimados en cada proceso de tratamiento.

Valores iniciales de los parámetros del agua residual:

$$\text{DBO} = 2549.1 \text{ mg/L}$$

$$\text{DQO} = 868.41 \text{ mg/L}$$

$$\text{SST} = 311 \text{ mg/L}$$

- Porcentajes de remoción estimados en el proceso de laguna anaerobia

DBO	DQO	SST
50%	50%	50%

$$\text{DBO} = 2549.1 - 2549.1 * 50\%$$

$$\text{DBO} = 2549.1 - 1274.55$$

$$\boxed{\text{DBO} = 1274.55}$$

$$\text{DQO} = 868.41 - 868.41 * 50\%$$

$$\text{DQO} = 868.41 - 434.205$$

$$\boxed{\text{DQO} = 434.21}$$

$$\text{SST} = 311 - 311 * 50\%$$

$$\text{SST} = 311 - 155.5$$

$$\boxed{\text{SST} = 155.5}$$

Los valores calculados de los parámetros se toman como valores iniciales para el siguiente proceso.

- Porcentajes de remoción estimados en el proceso de laguna facultativa

DBO	DQO	SST
85%	75%	70%

$$\text{DBO} = 1274.55 - 1274.55 * 85\%$$

$$\text{DBO} = 1274.55 - 1083.37$$

$$\text{DBO} = 191.18$$

$$\text{DQO} = 434.21 - 434.21 * 75\%$$

$$\text{DQO} = 434.21 - 325.658$$

$$\text{DQO} = 108.55$$

$$\text{SST} = 155.5 - 155.5 * 70\%$$

$$\text{SST} = 155.5 - 108.85$$

$$\text{SST} = 46.65$$

- Porcentajes de remoción estimados en el proceso de coagulación - floculación.

DBO	DQO	SST
60%	70%	96%

$$\text{DBO} = 191.18 - 191.18 * 60\%$$

$$\text{DBO} = 191.18 - 114.708$$

$$\text{DBO} = 76.47$$

$$\text{DQO} = 108.55 - 108.55 * 70\%$$

$$\text{DQO} = 108.55 - 75.985$$

$$\text{DQO} = 32.57$$

$$\text{SST} = 46.65 - 46.65 * 96\%$$

$$\text{SST} = 46.65 - 44.784$$

$$\text{SST} = 1.866$$

- Porcentajes de remoción estimados en el proceso de filtro coalescente.

DBO	DQO	SST
0%	0%	20%

$$\text{DBO} = 76.47$$

$$\text{DQO} = 32.57$$

$$\text{SST} = 1.866 - 1.866 * 20\%$$

$$\text{SST} = 1.866 - 0.373$$

$$\text{SST} = 1.49$$

- Porcentajes de remoción estimados en el proceso de filtro grava.

DBO	DQO	SST
95%	70%	95%

$$\text{DBO} = 76.47 - 76.47 * 95\%$$

$$\text{DBO} = 76.47 - 72.648$$

$$\text{DBO} = 3.82$$

$$\text{DQO} = 32.57 - 32.57 * 70\%$$

$$\text{DQO} = 32.57 - 22.799$$

$$\text{DQO} = 9.77$$

$$\text{SST} = 1.49 - 1.49 * 95\%$$

$$\text{SST} = 1.49 - 1.4155$$

$$\text{SST} = 0.07$$

CALIDAD DEL AGUA ESPERADA CON LA PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA PTAR

			REMOCION ESPERADA DE LOS PARAMETROS DEL AGUA RESIDUAL										
			LAGUNA ANAEROBIA		LAGUNA FACULTATIVA		COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN		FILTRO COALESCENTE		FILTRO GRAVA		REMOCION TOTAL
Parametro	Unidad	Valor del analisis del agua	% Remocion	Valor esperado	% Remocion	Valor esperado	% Remocion	Valor esperado	% Remocion	Valor esperado	% Remocion	Valor esperado	Valor final esperado
Demanda Bioquimica de Oxigeno (DBO)	mg/ L	2549.1	50	1274.55	85	191.18	60	76.47	0	76.47	95	3.82	3.82
Demanda Quimica de Oxigeno (DQO)	mg/ L	868.41	50	434.21	75	108.55	70	32.57	0	32.57	70	9.77	9.77
Solidos Suspendidos Totales	mg/ L	311	50	155.5	70	46.65	96	1.866	20	1.49	95	0.07	0.07

**ANEXO 10. PLANO ACTUAL DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES**

